

Министерство образования и науки Российской Федерации
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ НЕДЕЛЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ



МАТЕРИАЛЫ

НАУЧНОГО ФОРУМА

С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

14 – 19 НОЯБРЯ 2016 ГОДА

**КАФЕДРА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО И
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

POLYTECH  ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербург • 2016

УДК 627:621.31:502.63

ББК 31.6:31.15; 38,77

Н42

Политехническая неделя в Санкт-Петербурге : материалы научного форума с международным участием. Кафедра водохозяйственного и гидротехнического строительства. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 451 с.

В сборнике публикуются статьи студентов, аспирантов, молодых ученых кафедры «Водохозяйственное и гидротехническое строительство» Инженерно-строительного института Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого и вузов России, представленные по материалам докладов на секционных заседаниях научно-технической конференции кафедры ВиГС в рамках форума «Политехническая неделя в Санкт-Петербурге». Статьи отражают современный уровень научно-исследовательской работы участников конференции в области гидротехнического строительства, природообустройства и строительства объектов возобновляемой энергетики.

Сборник представляет интерес для студентов бакалавриата и магистратуры, обучающихся по направлениям «Строительство» и «Природообустройство и водопользование», а также для аспирантов и работников системы высшего образования, сотрудников научно-исследовательских институтов.

Редакционная коллегия
кафедры водохозяйственного и гидротехнического строительства
ИСИ СПбПУ:

*А.С. Большев, В.Н. Бухарцев, В.В. Елистратов, М.А. Михалев (руководители секций),
В.Л. Баденко, Н.Д. Беляев, Ю.В. Волкова, И.Г. Кудряшева, В.В. Терлеев,
И. Того (главный редактор)*

© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2016

**ЗАЩИТА МОРСКИХ И РЕЧНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ
ОТ ОБЛЕДЕНЕНИЯ**

Особенности географического положения и климата нашей страны оказывают сильное влияние на строительство в целом. Большую важность холодный климат имеет для гидротехнического строительства, как речного, так и морского. Низкие температуры ограничивают время строительства, эксплуатации, вынуждают прибегать к специальным мерам защиты конструкций и сооружений, вызывают дополнительные нагрузки, создают препятствия для нормальной эксплуатации объектов, препятствуют движению речного и морского транспорта.

В соответствии с Государственной программой РФ «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» сейчас, в числе многочисленных направлений программы, реализуется активное строительство транспортных сетей в данной зоне [1]. Учитывая суровость климата на данной территории, вопрос защиты от льда различных конструкций и сооружений играет немаловажную роль при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов. Существует несколько видов скопления льда, вызывающих проблему. Один из них является нарастание льда на причале.

Негативными последствиями нарастания льда на причальную стенку являются: затруднения при причаливании судов, невозможность проведения погрузочно-разгрузочных работ [2]. Очищение акватории и подходов путей к стенке при отводе примерзших к стенке судов производится ледоколом. Однако, ледоколы несут непосредственную угрозу для самой конструкции причала [3].

Негативными последствиями нарастания льда на плотину являются: неправильная работа ГТС, затруднение пропуска воды, лишняя нагрузка на плотину.

Несмотря на тот факт, что на данный момент разработано большое количество различных противообледенительных систем, идеально эффективной технологии не существует. Часть систем уменьшает толщину примерзшего льда, часть счищает лед с поверхности сооружения, но не полностью. Так получается, что для достижения наилучшего результата нередко есть необходимость прибегнуть к дополнительным средствам, например, использование лома, что является опасным для самой конструкции.

Для создания эффективной противообледенительной системы необходимо, в первую очередь, рассмотреть существующие уже технологии, используемые не только в гидротехнике, но и в других сферах строительства, в основном: в авиации и кораблестроительстве.

Существует множество различных технологий, целью которых является защита конструкций от обледенения и скопления льда. По виду их можно разделить на следующие категории [4]:

1. Препятствующие образованию льда на поверхности. Такая технология существует в двух вариантах:

- а. Система, защищающая поверхность от увлажнения очень холодной водой;
- б. Система, не дающая температуре поверхности опускаться ниже температуры замерзания воды.

Такие технологии могут быть представлены: химикатами; покрытиями; особой конструкцией; термической системой; инфракрасной защитой.

2. Очищающие поверхность от образовавшегося льда.

По определению, такие технологии допускают скопление льда определенной толщины на поверхности. В дальнейшем лед счищается различными методами.

3. Обнаруживающие лед.

В случае, когда лед очищается не человеком непосредственно, есть необходимость в применении таких технологий. В основном, детекторы льда обнаруживают только скопление льда, но некоторые могут определять присутствие льда на поверхности и показывать, когда поверхность очищена технологией 1 или 2.

Для различных видов обледенения необходимо использовать различные виды систем. Например, некоторые из них лучше работают при брызговом обледенении, при обледенении от дождя, но не работают при снежном нарастании. Ни одна технология не является панацеей для всех видов обледенения. Классификации, представленные выше, были взяты и переведены из [4].

При разработке мероприятий, препятствующих обледенению, следует иметь в виду, что лед представляет собой довольно хрупкую субстанцию и его сопротивление касательным и растягивающим усилиям существенно меньше, чем сжимающим [5]. Принимая во внимание этот факт, в данной работе будем проектировать системы, метод работы которых будет заключаться в создании изгибающих и растягивающих напряжений.

Задумываясь о вариантах создания искомого касательного напряжения, приходим к таким вариантам:

- 1. Изгиб какого-то твердого предмета;
- 2. Надувание какой-то эластичной поверхности.

В данной работе рассмотрим вариант изгиба твердого предмета. Целью исследования и проектирования является: разработка принципиально новой технологии для механической защиты металлического шпунта от ледовых наростов в условиях низких температур.

Предлагаемая система состоит из горизонтальных балок легированной стали, прочно прикрепленных замком или болтами к шпунтовой стенке на концах и гидротолкателя, который будет действовать на центральную часть балки. Под влиянием гидротолкателя балка начинает изгибаться в сторону акватории, ледовое образование под действием касательного напряжения на балке трескается и осыпается. После этого система возвращается в исходное состояние до нового образования.

Эффективность предлагаемой конструкции обуславливается тем, что лед имеет очень слабое сопротивление касательным и растягивающим напряжениям и быстро ломается.

Схема конструкции отображена на рисунках 1, 2 и 3. Рисунок 1 показывает вид сверху в нерабочем состоянии конструкции. Рисунок 2 показывает так же вид сверху, но в рабочем состоянии. Рисунок 3 – 3D модель конструкции в рабочем и нерабочем состоянии для лучшего понимания работы конструкции.

Проводя расчеты для данной системы, нам необходимо выполнить следующее: выбрать геометрические характеристики балки (для начала выберем двутавр); подобрать материал двутавра и материал покрытия; найти L – длину балки; найти B – величину изгиба балки.

При этом, B должно быть достаточно большим для достижения необходимого касательно напряжения, но допустимым для подобранной балки в заданных температурных условиях. Сам двутавр не должен создавать помех для причаливания и отчаливания судов.

Для проектирования рабочей модели системы необходимо изучение свойств льда (допустимое напряжение на растяжение и изгиб), расчет нарастания льда на выбранной

расчетной территории, подбор расчетным способом всех искомых параметров системы (см. выше), создание математической модели для проверки работоспособности, разработка схемы лабораторного эксперимента для определения эмпирических коэффициентов в расчетных зависимостях, проведение эксперимента и проведение сравнительного анализа с существующими системами.

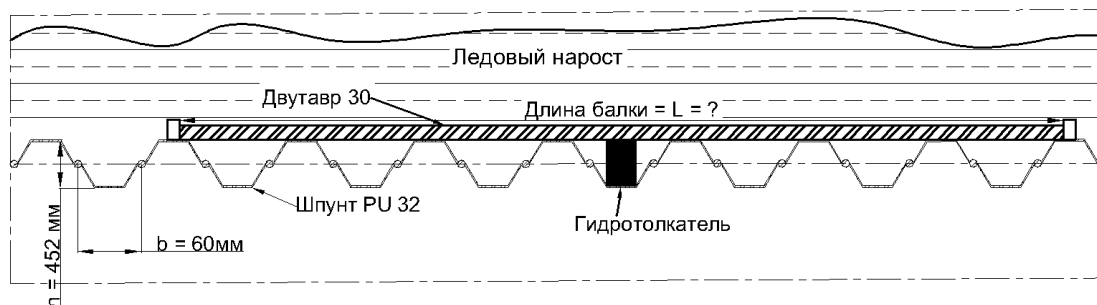


Рис. 1. Схема конструкции. Вид сверху

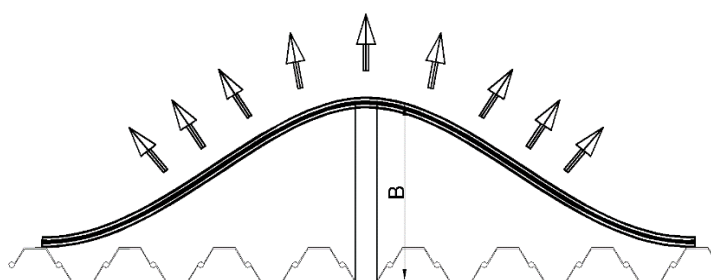


Рис. 2. Конструкция в рабочем состоянии

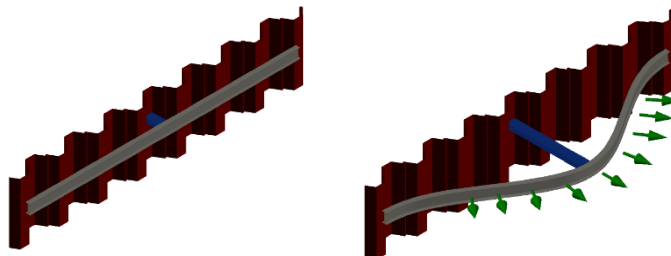


Рис. 3. 3D виды

Все величины, характеристики и выбранный вариант расположения систем должны удовлетворять требуемой эффективности системы и экономическим расчетам.

Показателем правильного выбранного решения будет эффективность, экономичность, энергозатратность и экологичность данного изобретения относительно существующих систем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Об утверждении государственной программы РФ «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года». Постановление Правительства РФ от 21.04.2014 г. № 366 г. Москва.
2. Альхименко А. И. и др. Гидротехнические сооружения морских портов. СПб: Изд-во «Лань», 2014. 427 с.
3. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб: Изд-во «Лань», 2003. 288 с.
4. Ryerson, C.C., 2013, Icing Management for Coast Guard Assets. Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire 03755. 504 p.
5. Альхименко А.И. Мероприятия по борьбе с обледенением гидротехнических сооружений в северных условиях / А. И. Альхименко // Гидротехника XXI век. 2012. № 2. С. 50-51.

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ МОРСКОГО ВЕТРОГЕНЕРАТОРА НА САМОПОДЪЕМНОМ ОСНОВАНИИ ДЛЯ УСЛОВИЙ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2030 года определено расширение использования возобновляемых источников энергии как одно из основных направлений при создании инновационного и эффективного энергетического сектора страны [1].

На территории Российской Федерации имеется значительное количество удаленных территорий и акваторий, в которых остро стоит вопрос дефицита электроэнергии. Данная проблема затрагивает северные и дальневосточные регионы России, где потребность в энергоснабжении связана с необходимостью энергообеспечения небольших населенных пунктов, а также организации какой-либо деятельности на прибрежных территориях. В связи с этим, проблема энергообеспечения в этих районах Российской Федерации является актуальной [2]. Решением данного вопроса может стать применение морских ветроэнергетических установок (ВЭУ) [3].

На сегодняшний день активно развивается сектор строительства ветроэнергетических станций морского базирования [4]. По состоянию на 2016 год общая установленная мощность морских ветростанций составила 11 538 МВт [5]. Богатый ветроэнергетический потенциал во многих районах России, в особенности, на акваториях северных и дальневосточных морей, в сочетании с высоким уровнем его изученности создает хорошие предпосылки к ускоренному развитию и внедрению ветроэнергетических станций в единую энергетическую систему [6-7]. Таким образом, применение морских ВЭУ на прибрежных территориях является обоснованным и целесообразным, так как для этого имеется достаточный ветроэнергетический потенциал.

На сегодняшний день, широкое применение в проектах морских ВЭУ нашли следующие виды конструкций оснований: полупогружные основания с системой удержания со свободно провисающими связями и основания типа SPAR и TLP с системой удержания с предварительно натянутыми связями [4, 8-11]. Однако использование подобных сооружений в ледовых условиях северных и дальневосточных морей Российской Федерации маловероятно, так как данные конструкции не предполагают дополнительных защитных устройств от действия ледовой нагрузки, а также несут за собой сложности, связанные с обеспечением безопасности при их транспортировке и буксировке к месту эксплуатации.

Наиболее перспективным вариантом конструкции морской ВЭУ в арктических условиях является применение конструкции ВЭУ на самоподъемном основании, которая может транспортироваться в собранном виде к месту эксплуатации и под действием собственного веса самостоятельно заглублять опорный понтон в морской грунт [12-13].

Главным достоинством ВЭУ на самоподъемном основании является то, что они могут эксплуатироваться для работы на значительных глубинах (до 120 м) и на большом удалении от берега. Другим важным преимуществом самоподъемных ВЭУ является относительно меньшая стоимость (по сравнению с другими типами оснований), а также высокая остойчивость в морских условиях. В свою очередь, с помощью сооружений данного типа можно создать идеальные условия для полноценного освоения ветрового потенциала значительных прибрежных территорий Российской Федерации, так как они будут являться первой существенной преградой на пути движения воздушных масс и, следовательно, станут поглощать кинетическую энергию воздушных потоков в полной мере. Также весомым достоинством ВЭУ на самоподъемном основании является их минимальное негативное воздействие на окружающую среду [13].

Между тем, к основным проектно-техническим проблемам при создании самоподъемных ВЭУ можно отнести такие задачи, как определение максимальной безопасной скорости буксировки сооружения к месту эксплуатации; обеспечение надежности и безопасности стоянки на месте эксплуатации; обеспечение прочности корпуса и опорных колонн самоподъемной платформы с учетом воздействия предельных внешних нагрузок и минимальной достижимой осадки.

Конструкция предлагаемого в данном исследовании самоподъемного основания морской ВЭУ состоит из трех основных частей: опорного основания в виде фундаментной плиты, опорного блока в виде трехколонной конструкции и верхнего строения (понтон) в виде равностороннего треугольника, на котором непосредственно размещается ВЭУ мощностью 1,5 МВт. Концептуальный вариант самоподъемного основания морской ВЭУ представлен на рис. 1.

В условиях арктического шельфа Российской Федерации конструкция самоподъемного основания морской ВЭУ должна обладать меньшей площадью контакта с ледовым полем для обеспечения минимального воздействия горизонтальной нагрузки на сооружение, и, таким образом, должна иметь наименьшую возможность сдвига и опрокидывания, т.е. максимальную устойчивость на морском грунте.

Концепция предлагаемого самоподъемного основания морской ВЭУ представляет собой конструкцию, имеющую достаточную устойчивость при действии внешних нагрузок, характерных для условий российского шельфа.

В данном исследовании производилась оценка устойчивости самоподъемной ВЭУ мощностью 1,5 МВт под действием ветровой и ледовой нагрузок.

Массовые характеристики и основные размеры конструкции самоподъемной ВЭУ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Составные элементы конструкции	Основные параметры		Массовые характеристики, т
Фундаментная плита	$A \times B \times C \times H = 45 \times 45 \times 45 \times 1,5$ м		3288,2
Трехопорный блок	Диаметр $d=3$ м; длина $L = 45$ м; толщина стенки $t = 30$ мм		296,4
Верхнее строение (понтон)	$A \times B \times C \times H = 45 \times 45 \times 45 \times 2,0$ м; толщина стенки $t = 30$ мм		448,6
ВЭУ	Ветроколесо	Диаметр $d_{\text{ВК}} - 70$ м; частота вращения $\omega - 2,09$ рад/с	33,0
	Башня	Высота $h - 60$ м; среднее сечение $- 3,5$ м	82,5
	Гондола	Мощность $- 1,5$ МВт	52,5

Расчет внешних нагрузок на ВЭУ на самоподъемном основании представлен в табл. 2.

Таблица 2

Тип нагрузки	Расчетные параметры	Результат, МН
Гравитационная нагрузка – от ветроколеса – от башни – от гондолы	Масса $m_{\text{ВК}} - 33,0$ т Масса $m_{\text{б}} - 82,5$ т Масса $m_{\text{г}} - 52,5$ т	0,34 0,85 0,54
Инерционная нагрузка – центробежная сила, вызванная дисбалансом масс ветроколеса	Масса $m_{\text{ВК}} - 33,0$ т Частота вращения $\omega - 2,09$ рад/с	0,025
Аэродинамическая нагрузка	Рабочая скорость ветра $- 15$ м/с	0,177
Ледовая нагрузка	Толщина ровного льда $t - 1$ м Площадь ледяного поля $S - 10^6$ м ² Предел прочности льда при сжатии $R - 1,5$ МПа	22,88

Оценка работоспособности самоподъемного ветрогенератора связана с анализом его поведения при различных сочетаниях внешних воздействий. Данная разработка ветрогенератора на самоподъемном основании требует дальнейшей апробации в специализированном программном комплексе «Anchored Structures», который позволит оценить работоспособность конструкции при разных комбинациях внешних нагрузок [14].

Таким образом, создание в Российской Федерации проекта морского ветрогенератора на самоподъемном основании внесет обширный вклад в развитие морской ветроэнергетики и позволит приобрести уникальный опыт проектирования подобных сооружений в арктических условиях российского континентального шельфа.



Рис. 1. Концептуальная модель ветрогенератора на самоподъемном основании

ЛИТЕРАТУРА:

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. – М., Министерство промышленности и энергетики РФ, 2009.
2. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива/показатели по территориям/Безруких П.П., Елистратов В.В., Сидоренко Г.И. и др. М.: ИАЦ Энергия, 2007 г. 272 с.
3. Елистратов В.В., Панфилов А.А. Проектирование и эксплуатация установок нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ветроэлектрические установки. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 115 с.
4. Елистратов В.В., Большев А.С., Панфилов А.А. и др. Научно-технические проблемы создания ветроэлектрических станций на шельфе Арктики. International Scientific Journal Life and Ecology. 2014. №1, с. 23.
5. The European offshore wind industry – key trends and statistics 1st half 2016, July 2016. <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-mid-year-offshore-statistics-2016.pdf>.
6. Катцов В.М., Кобышева Н.В., Мелешко В.П. и др. Оценка макроэкономических последствий изменения климата на территории Российской Федерации на период 2030 г. и дальнейшую перспективу, 2011.
7. Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ч. 1. Определение ветроэнергетических ресурсов региона. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 55 с.
8. Большев А.С., Фролов С.А., Чернецов В.А. и др. Вопросы проектирования опорных конструкций для морских ветрогенераторов. Гидротехническое строительство. 2007. №5, с. 31-37.
9. Елистратов В.В., Большев А.С., Мегрецкий К.В. Проектирование и научное обоснование морских ветроэлектрических станций. Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2014. №37. С. 77-85.
10. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе: Учеб./ Г.В. Симаков, К.Н. Шхинек, В.А. Смелов и др. Л.: Судостроение, 1989. 328 с.
11. Большев А.С., Шхинек К.Н., Филиповская Т.В. Гидротехнические сооружения на континентальном шельфе России. Журнал «Гидротехника. XXI век» №4 (16) 2013 г., с.48-56.
12. Самоподъемные плавучие буровые установки/Ю.А. Агагусейнов, Э.Л. Вишневская, И.П. Кулиев и др. М., Недра, 1979. 215 с.
13. Cahuzac J., Chevallier J., Turner L. Jack Up Rigs: Evolution of Design.
14. Большев А.С., Фролов С.А., Кутейников М.А. Математическое моделирование поведения морских плавучих объектов в программном комплексе «Anchored Structures». Научно-технический сборник РМРС. 2013. Вып. 36. С. 68-90.

ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ДНА ОТ РАЗМЫВА,
ВЫЗВАННОГО РАБОТОЙ СУДОВОГО ДВИЖИТЕЛЯ

Проблема размыва дна у гидротехнических сооружений (ГТС), возникающего при воздействии мощных струй воды от работающих судовых винтов, приобрела в последние годы большую актуальность в связи с ростом интенсивности морских и речных перевозок и повышением мощности судовых двигателей [1, 3].

Цель работы – оценить влияние частоты вращения винта на максимальную донную скорость и разработать инженерные мероприятия по защите дна от размыва.

В работе рассмотрен случай воздействия движительной струи от расчетного судна, в качестве которого был принят средний морской танкер «Академик Пашин» [5]. Основная особенность рассматриваемого случая – минимальный запас глубины под днищем судна, равной 1,1 м.

Для предотвращения аварий от размыва дна при швартовке скорость движения судна должна быть снижена при подходе к кордону причала. В связи с этим, авторами была произведена оценка влияния частоты вращения винта на максимальную донную скорость возникающей при этом струи от движителя. Результаты расчетов представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1
Оценка влияния частоты вращения винта
на максимальную донную скорость

n , об./мин.	V_0 , м/с	$V_{\text{дон.мах}}$, м/с
130	11,32	9,06
110	9,58	7,66
90	7,84	6,27
70	6,10	4,88
50	4,35	3,48
30	2,61	2,09
10	0,87	0,70
0	0	0

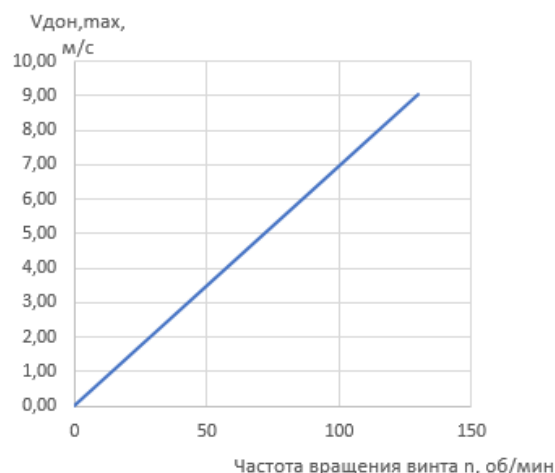


Рис. 1. Зависимость максимальной донной скорости от частоты вращения винта

Анализируя результаты, представленные на рис. 1, и опираясь на опыт проектирования [2, 7, 8], были сделаны следующие выводы:

1. При частоте вращения до 20 оборотов в минуту не требуется выполнения мероприятий по защите дна от размыва.
2. При частоте вращения более 30 оборотов в минуту требуется защита дна.
3. При частоте вращения более 70 оборотов в минуту выполнение защитных мероприятий становится нецелесообразным в связи с их высокой стоимостью и сложностью конструирования.

В данной работе, при выполнении операций по швартовке и стоянке расчетного судна у причала, частота вращения винта была ограничена 50 оборотами в минуту, что соответствует максимальной донной скорости $V_{\text{дон. max}} = 3,48$ м/с.

Далее были произведены оценочные расчеты по обоснованию выбора систем защиты дна от размыва. Главным условием, определяющим надежность системы защиты дна от размыва, является способность выдерживать максимальную донную скорость, равную 3,48 м/с. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета методов защиты от размыва

Метод защиты	Размеры	Критическая скорость, м/с
Каменная наброска (рис. 2.)	$d_{50} \cong 0,53$ м; $W_{50} = 206,5$ м	3,48
Габионы ГСИ-К (рис. 3.)	0,5×1,0×1,5 м	5,79
Мешки, заполненные бетоном (рис. 4.)	43 шт. × 50 л	6,75
Бетонные плиты ПГ-15	0,15×2,5×5,0 м	7,01
Сборные маты УГЗБМ-105 (рис. 5.)	Высота: 240 мм; Площадь: 3,37 м ² ; Вес: 1220 кг	6,10
Матрасы Bontec фирмы ЕВРОИЗОЛ Geosynthetics (рис. 6.)	0,3×4,0×30,0 м	7,42

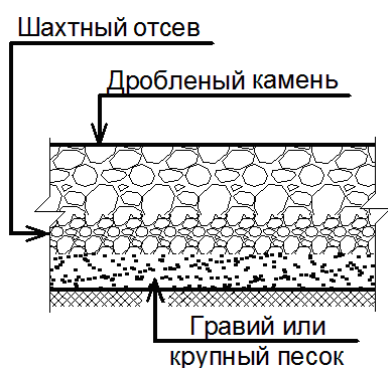


Рис. 2. Защита в виде каменной наброски

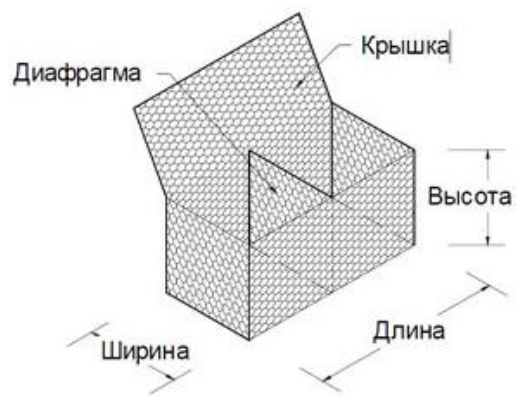


Рис. 3. Коробчатый габион ГСИ-К

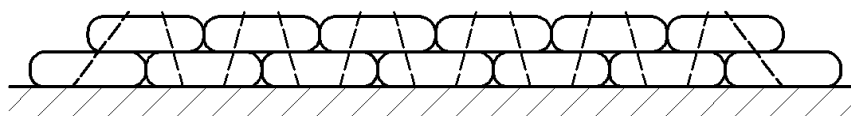


Рис. 4. Защита дна мешками, заполненными бетоном

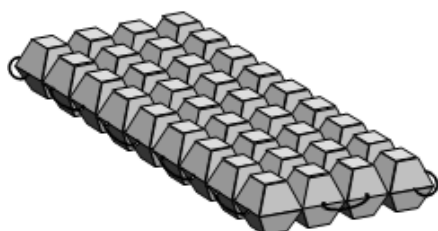


Рис. 5. Сборные маты УГЗБМ-105

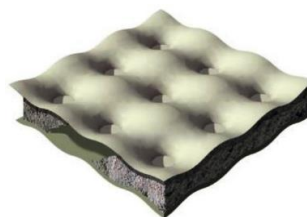


Рис. 6. Бетонируемый геотекстильный матрас Bontec

По результатам оценочного расчета можно сделать вывод, что устойчивыми к размыву будут все рассмотренные конструкции. Однако при выборе конкретных мероприятий по защите дна от размыва необходимо учитывать особенности и трудности применения рассматриваемых схем, а также их экономическую целесообразность.

В ходе расчета были получены неразмывающие скорости для приведенных методов защиты. Таким образом, часть методов (мешки, плиты, сборные маты, бетонные матрасы) имеет большой запас скорости по отношению к скорости струи, следовательно, их использование экономически невыгодно. Также использование данных методов нецелесообразно в связи со сложными технологическими решениями. Поэтому в данной работе предлагается использование каменной наброски или габионов.

Учитывая полученные результаты, можно указать для каждого метода защиты допустимую частоту вращения винта:

- 1) для каменной наброски $n = 70$ об./мин.;
- 2) для габионов $n = 80$ об./мин.;
- 3) для сборных матов $n = 85$ об./мин.;
- 4) для мешков, заполненных бетоном $n = 95$ об./мин.;
- 5) для бетонных плит $n = 100$ об./мин.;
- 6) для матрасов, заполненных бетоном $n = 105$ об./мин.

На основании вышесказанного, можно сделать вывод, что для безопасной эксплуатации ГТС при подходе судна к причальной линии необходимо выбрать одно решение из двух предложенных [6]:

1. Снижать частоту вращения винта, что приводит к использованию более простого и дешевого метода защиты дна от размыва;

2. Осуществлять подход без снижения частоты вращения винта и при этом использовать применение дорогостоящих и сложных конструкций для защиты оснований ГТС от размыва.

Выбор оптимальных вариантов защиты позволит предотвратить размыв у сооружения и, как следствие, потерю устойчивости сооружения, а также продлить срок его эксплуатации [3, 4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб : Изд-во «Лань», 2003. 288 с.
2. Беляев Н.Д. Инженерные методы предотвращения размыва дна от работы судовых движителей. Автореферат диссертации. СПбГТУ, 1999 г., 16 с.
3. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений: Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 3. Магнитогорск: МГТУ, 2003. с. 51-56.
4. Беляев Н.Д., Чугунова В.В. Анализ методов защиты от размыва у морских ГТС. Неделя науки СПбГПУ: материалы научно-практической конференции НОЦ «ВИЭ». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. с.80-83.
5. РД 31.31.27–81. Руководство по проектированию морских причальных сооружений / В/О «Мортехинформреклама». М., 1984.
6. Beliaev N.D. Some aspects of ship induced scouring action. Proceedings of the IV Int. Seminar on Renovation and Improvements to Existing Quay Structures, Technical University of Gdansk, Poland, 1997, V. 1, p. 13-16.
7. Belyaev N.D. Review of protection methods against propeller erosion. Proceedings of the IV Int. Seminar on Renovation and Improvements to Existing Quay Structures, Technical University of Gdansk, Poland, 1997, V. 1, p. 5-12.
8. Belyaev N.D. Selection of engineering measures of bottom scour prevention at bulk-oil terminals. Proceedings of the VI International Conference «ICETECH-2000», St.-Petersburg, Russia, pp. 367-372.

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШПУНТОВОГО ОГРАЖДЕНИЯ
ДЛЯ ОГРАЖДЕНИЯ КОТЛОВАНА

Конструкции из шпунта в гражданском строительстве обычно используются для того, чтобы оградить котлованы. Они представляют собой стальные либо деревянные забитые в грунт сваи. Шпунтовые ограждения надёжно защищают грунт, не позволяя ему обрушиться во время сооружения даже самых крупных объектов [1].

Виды шпунтовых ограждений:

1. Шпунт Ларсена – самый применяемый тип шпунта в практике гражданского и гидротехнического строительства [2-4]. Этот шпунт выполнен в виде профиля из высококачественного металла корытообразной формы.

2. Плоские и полукруглые стальные шпунты. Так как шпунт Ларсена относительно дорог, для ограждения котлованов часто используются более дешёвые аналоги. После окончания стройки они извлекаются из земли и могут быть использованы при проведении другой работы. В этом и заключается дешевизна этого метода: такие шпунты не являются одноразовыми, в отличие от первого вида.

3. Бетонные шпунты обходятся несколько дороже стальных. Их не извлекают по окончании работы, и они становятся единым целым с фундаментом будущей постройки. Такой вид практически постоянно используется во время стройки многоэтажных домов.

В процессе строительства подземного паркинга на строительной площадке ЖК «София», был применен шпунт Ларсена для ограждения котлована. Обычно возведение жилого здания и разбивка котлована начинается одновременно, и, в этом случае, применение шпунта нецелесообразно. Однако в данном проекте изначально было возведено здание, а затем были начаты работы по разбивке котлована. Для предотвращения обрушения здания было предложено использование шпунтовых ограждений.

Необходимая глубина погружения шпунта определяется наличием прочного слоя и схемой работы шпунтового ограждения. Для данного проекта длина шпунтовых свай должна быть не менее 12 м.

Свайный фундамент соседнего с котлованом корпуса формирует область повышенных горизонтальных напряжений за шпунтовой стенкой. При совместной работе системы «фундамент здания – шпунтовое ограждение» новое равновесное состояние будет достигаться за счет больших перемещений шпунтовой стенки. При этом область деформаций в массиве грунта, развивающаяся за шпунтовой стенкой может способствовать увеличению податливости крайних свай корпуса, что может привести к неравномерным осадкам здания. На этом основании, отметка заделки низа шпунта в расчете вдоль корпуса была принята на 3,0 м ниже и поэтому длина шпунтовых свай составит 15 м.

По глубине шпунт прорезает слои суглинков, которые являются водоупором. В результате образуется котлован совершенного типа, фильтрация грунтовых вод в котлован минимальна.

Инженерно-геологические условия площадки строительства были следующими:

- Современные отложения. Техногенные образования – насыпные грунты распространены на всей территории, представлены суглинками, супесями и песками со строительным мусором в виде обломков кирпичей, бетонных плит и другого строительного мусора. Мощность слоя насыпных грунтов изменяется от 2,3 до 5,0 м.

- Верхнечетвертичные отложения представлены суглинками тяжелыми пылеватыми тугопластичными с прослоями песка и суглинками тяжелыми пылеватыми мягкопластичными с прослоями песка.

В гидрогеологическом отношении рассматриваемый участок характеризуется наличием грунтовых вод со свободной поверхностью. Грунтовые воды со свободной поверхностью в пределах рассматриваемого участка приурочены к насыпным грунтам и песчано-пылеватым прослойкам в озерно-ледниковых суглинках. В период производства буровых работ уровень грунтовых вод был зафиксирован на глубинах 1,0-1,8 м, на абсолютных отметках 9,8-8,9 м.

В процессе устройства ограждения использовались следующие шпунтовые сваи:

- VL660a длиной 12 м, погружаемых вибропогружением;
- VL606a длиной 15 м, погружаемых вибропогружением;
- VL606a длиной 12 м, погружаемых статическим вдавливанием;
- VL606a длиной 15 м, погружаемых статическим вдавливанием.

Для производства работ были использованы следующая строительная техника и механизмы [5]:

- гусеничный кран Hitachi KH 180-3;
- вибропогружатель ICE 23RF.

Схема разработки котлована представлена на рис. 1.

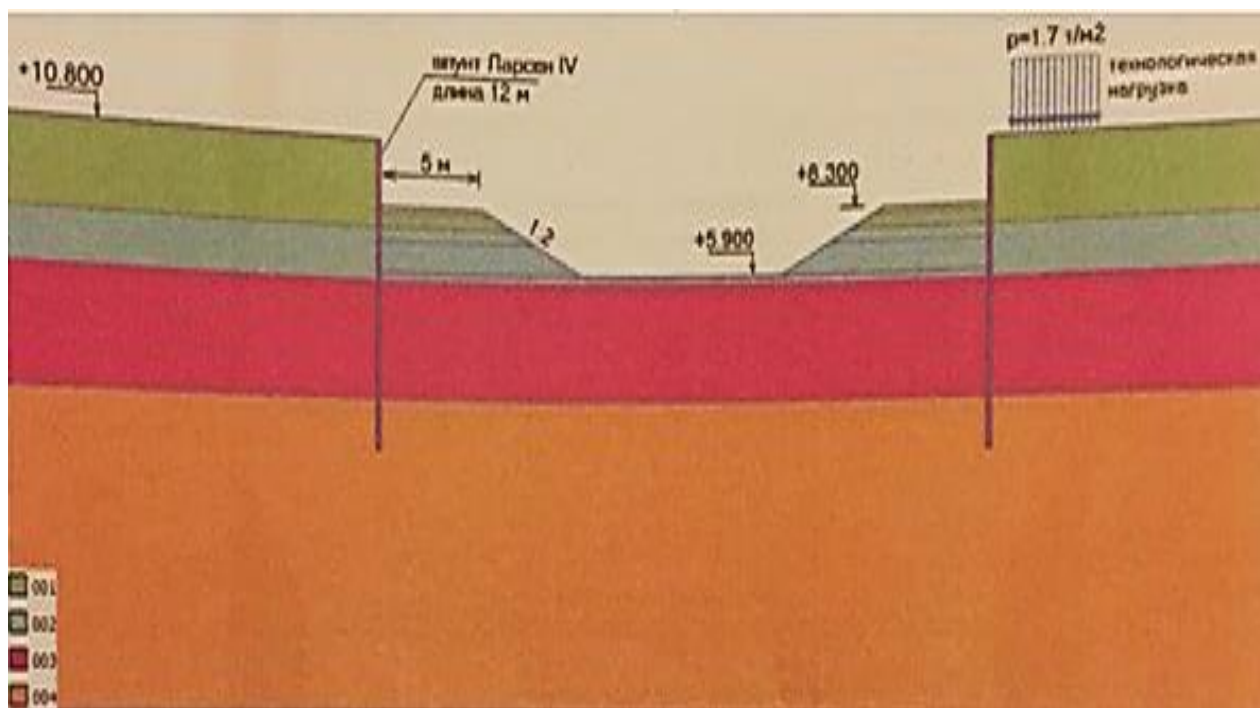


Рис. 1 Схема разработки котлована

Для обоснования конструкции (рис. 2) были произведены расчеты в соответствии со сводами правил [6, 7].

Расчет усилий в угловых распорках.

$N = 102$ т, $M_1 = 4,9$ тм, $M_2 = 3,4$ тм, площадь сечения $A = 0,012$ м², момент сопротивления $W = 1,28 \cdot 10^{-3}$ м³.

Проверка достаточности сечения:

$$\delta = \frac{N}{A} + \frac{M_1}{W} + \frac{M_2}{W} = 102/0,012 + 4,9/(1,28 \cdot 10^{-3}) + 3,4/(1,28 \cdot 10^{-3}) = 14940 \text{ т/м}^2.$$

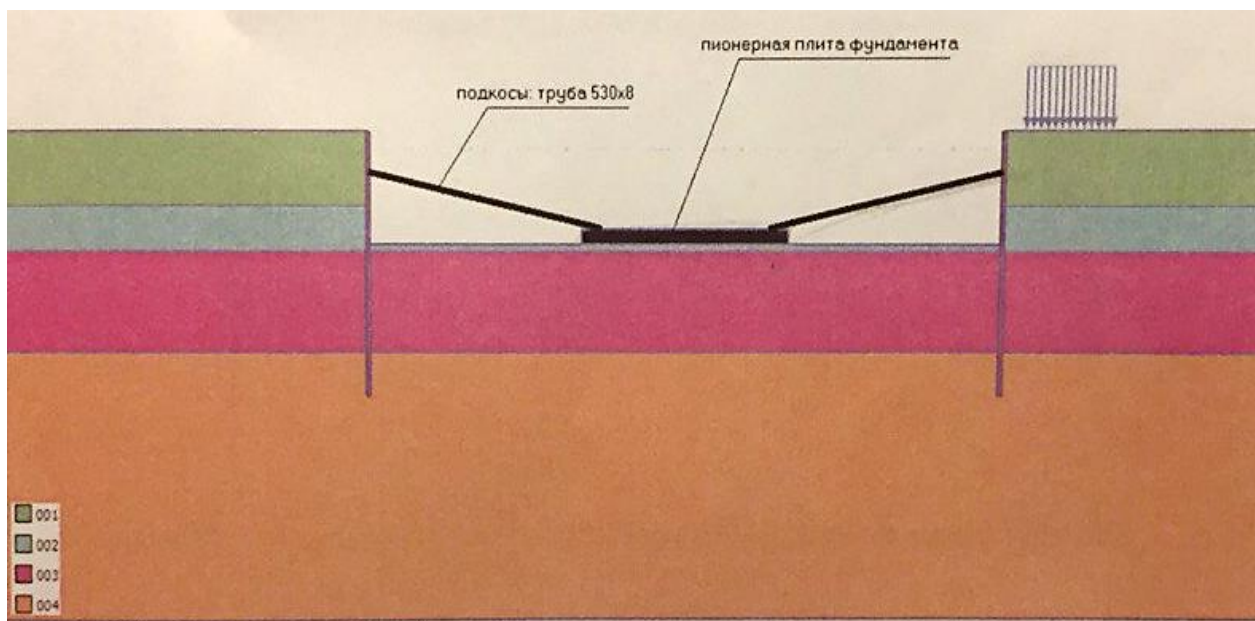


Рис. 2. Схема установки раскосов

Расчет усилий в распорках (максимальная выборка усилий).

$N = 151$ т, $M_1 = 7$ тм, $M_2 = 3,1$ тм, площадь сечения $A = 0,013$ м², момент сопротивления $W = 1,76 \cdot 10^{-3}$ м³.

Проверка достаточности сечения:

$$\delta = \frac{N}{A} + \frac{M_1}{W} + \frac{M_2}{W} = 151/0,013 + 7/(1,76 \cdot 10^{-3}) + 3,1/(1,76 \cdot 10^{-3}) = 17060 \text{ т/м}^2.$$

Расчетное сопротивление стали (С245) $R_y = 22050$ т/м².

Расчет усилий в шпунтовом ограждении.

Максимальный изгибающий момент в шпунтовом ограждении – 17,9 тм.

Проверка достаточности сечения:

$$\delta = \frac{M}{W} = 17,9/(2200 \cdot 10^{-6}) = 8140 \text{ т/м}^2.$$

Таким образом условие $\delta < R_y$ выполняется во всех рассмотренных случаях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А. И. и др. Гидротехнические сооружения морских портов. СПб: Изд-во «Лань», 2014. 427 с.
2. Балашов Б.В. и др. Анализ проблем, связанных с обследованиями портовых ГТС (на примере глубоководной достроечной набережной). Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. 2013. Т. 269. с. 110-117
3. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
4. Вилькевич В.В., Вилькевич Е.В., Беляев Н.Д. Особенности оценки состояния причальных сооружений на свайном основании с передней шпунтовой стенкой. Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. 2004. Т. 243. с. 123-130
5. СП 48.13330.2011. Организация строительства.
6. СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты.
7. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений.

ИЗМЕНЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БОЛЬВЕРКА ОТ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ГРУНТЕ ОСНОВАНИЯ

Реологические явления и процессы, протекающие в грунтах и конструкционных материалах сооружений, в определенных условиях приводят к значительному изменению их напряженно-деформированного состояния во времени [1-3]. Для портовых сооружений особое значение имеет явление ползучести глинистых грунтов основания. У тонкостенных больверков ползучесть грунта оснований приводит к нарастанию напряжений во всех несущих элементах, что влечет за собой снижение несущей способности сооружений во времени.

Для оценки изменения несущей способности конструкции во времени, необходимо располагать расчетными зависимостями, которые дают параметры напряженного состояния тонкостенных причальных набережных, как функции их возраста. Взаимодействие набережных с ползучим основанием зависит от характера напластования грунтов в пределах их забитой части. Возможны три случая напластования (рис. 1): весь забитый участок стенки находится в ползучем грунте (рис. 1,а); стенка прорезает пласт ползучего грунта и нижней частью входит в неползучий грунт (рис. 1,б); стенка прорезает неползучий грунт основания в верхней части, а ниже располагается в ползучем грунте (рис. 1,в) [4].

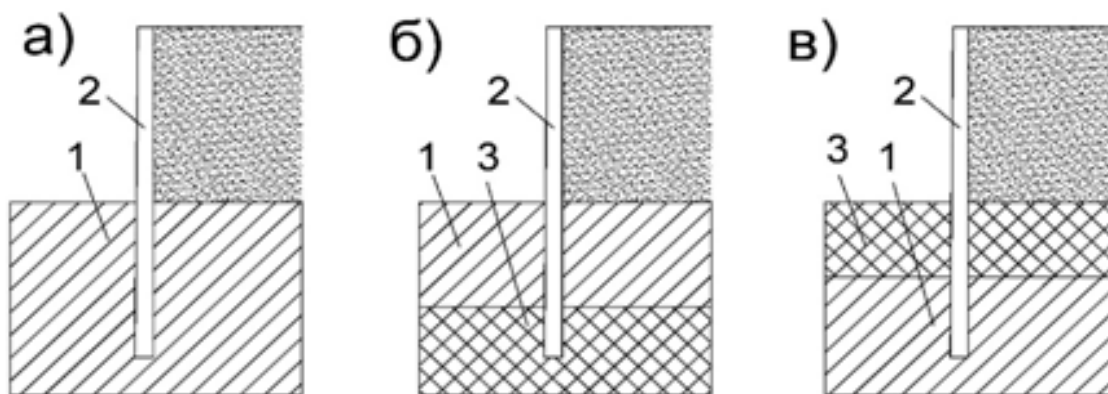


Рис. 1. Напластования ползучих и неползучих грунтов в основаниях тонкостенных набережных:
1 – ползучий грунт; 2 – тонкая стенка; 3 – неползучий грунт

Рассмотрим первый вариант работы стенки в сплошном ползучем грунте, предложенный А.Я. Будным [1]. Сразу после постройки конструкции, её работа отвечает расчетной схеме Блюма-Ломейера. В точке А на забитом участке стенки действует равнодействующая обратного отпора E_p' (рис. 2,а). Далее под влиянием этой силы участок длиной t_0 постепенно поворачивается в ползучем грунте (рис. 2,б), в результате чего сечение в точке А перестает быть жесткозащемленным. При этом сила E_p' уменьшается и после поворота сечения на угол θ_0 , отвечающий её работе по схеме свободного опирания, должна снизиться до нуля. Эпюра изгибающих моментов становится однозначной с максимальной ординатой M_1 , превышающей наибольшую ординату эпюры M_2 при работе по схеме с защемлением.

Указанная выше расчетная схема не корректна. В действительности расчетная схема Блюма-Ломейера отвечает только частному случаю работы очень гибкой стенки в

достаточно прочном грунте основания. При этом принятые эпюры активного и пассивного давлений на стенку не реализуются, поскольку зависят от положения упругой линии стенки относительно нейтральной линии (рис. 2,а). Так в начальный момент времени при расчетной схеме защемления эпюра бокового давления на стенку имеет седлообразный вид, а вместо пассивного давления более или менее параболическую эпюру, рис. 2,д, пунктир [5]. В процессе ползучести грунта основания нижний конец упругой линии меняет кривизну и уплотняется в сторону акватории.

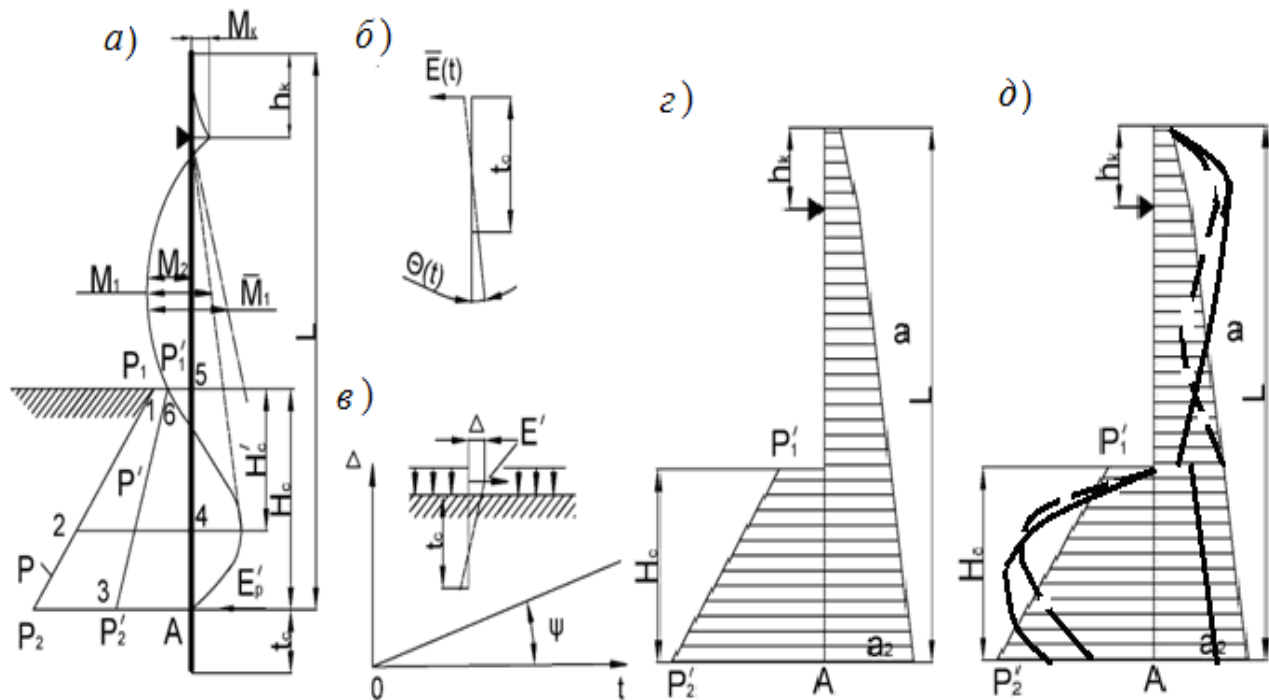


Рис. 2. Расчетная схема больверка на сплошном ползучем основании при методике Блума-Ломейера

Это в свою очередь приводит к трансформации эпюры бокового давления за стенкой из седлообразной в параболическую рис. 2,д, сплошная линия.

Для данной схемы параметры напряженного состояния конструкции, как функции времени, определяются по следующим формулам:

$$M(t) = M_2 + (\bar{M}_1 - M_2)t/T;$$

$$R_{ан}(t) = R_{ан2} + (\bar{R}_{ан1} - R_{ан2})t/T,$$

где M_2 и M_1 – изгибающие моменты в начале и в конце затухающей ползучести; t и T – текущее время и период затухающей ползучести; $R_{ан2}$ и $\bar{R}_{ан1}$ – анкерные реакции в начальный и конечный моменты времени.

При случае напластования грунтов, показанном на рис. 1,б, напряженное состояние конструкции меняется совершенно иначе. В этом случае за счет релаксации боковое давление в ползучем слое уменьшается, а для соблюдения условия равновесия соответственно увеличивается в неползучем слое грунта.

При наличии защемленной опоры (случай на рис. 1,в) реактивное давление на контакте между изгибающейся упругой стенкой и ползучим грунтом должно релаксировать. Поэтому напряжения в стенке являются функцией времени. По мере «отползания» грунта падает интенсивность реактивного контактного давления, а прогибы и напряжения в стенке возрастают. Это приводит к возрастанию давления в неползучем слое грунта при соблюдении условия равновесия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. М. Высшая школа, 1978, 417 с.
2. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Том I. Л-М.: Госстройиздат, 1960.
3. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Том II. Л-М.: Госстройиздат, 1961.
4. Будин А.Я., Чекренева М.В. Усиление портовых сооружений. М.: Транспорт, 1983.
5. Коровкин В.С. и др. Гидротехнические сооружения морских портов. Под ред. Альхименко А.И. СПб.: Изд-во «Лань», 2014, 427с.

УДК 626

В.Н.Бухарцев, А.В.Кискин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ОТКИДНОГО ЗАТВОРА СУХОГО ДОКА

Откидной затвор представляет собой щит, поворачивающийся на двух шарнирных опорах относительно горизонтальной оси, располагающейся вблизи порога головной секции дока. В открытом положении доковой камеры, когда она заполнена водой, затвор лежит в нише перед доком. При осушенной доковой камере затвор находится в вертикальном положении, прижимаясь к порогу и устоям дока под действием давления воды.

Опираение затвора на порог осуществляется через опорные конструкции, монтируемые отдельными секциями, верхний ригель затвора опирается на катковые опоры мостового типа, расположенные на устоях головной секции [1].

В общем случае затвор загружен поперечной нагрузкой, равнодействующая которой не совпадает с направлением главных осей инерции сечений и не проходит через центры изгиба (или центры жесткости), совпадающие с центрами кручения. Поэтому затворы почти всегда работают на кривой изгиб и стесненное кручение [3].

В связи с этим задача расчета затвора, после приведения нагрузок к осям жесткости, распадается на две: расчет затвора на кривой изгиб и расчет на стесненное кручение моментами, возникающими при указанном приведении. Если затвор имеет достаточную длину по сравнению с размерами поперечного сечения, то расчет на кривой изгиб выполняется по известным формулам сопротивления материалов; при малом отношении пролета затвора к высоте сечения приходится учитывать влияние сдвигов.

Для расчета затворов на стесненное кручение можно применить теорию В.З. Власова [4] при открытом профиле поперечного сечения или теорию А.А. Уманского при замкнутом профиле. Обе теории основаны на предположениях о недеформируемости профиля поперечного сечения стержня и о подобии форм деформации сечений при стесненном и свободном кручении. Эти предположения распространяются и на случай замкнуто-разветвленного профиля. Применяется также упрощенный метод В.И. Петрашеня, отличающийся своей простотой и возможностью учета сдвигов и прогибов обшивки [4].

Существует также альтернативный метод расчета плоских затворов гидротехнических сооружений, подробно описанный в [2], который не связан с какими-либо произвольными упрощающими предположениями, за исключением предположения о недеформируемости профиля затвора как тонкостенного стержня.

В этом методе, как обычно, считается, что нормальные напряжения распределены равномерно по толщине стенок тонкостенного стержня, а сдвигающие усилия, касательные к срединной линии профиля, и дополнительный крутящий момент, пропорциональный жесткости на свободное кручение стержня с открытым профилем того же очертания, что и рассматриваемое замкнуто-разветвленное сечение. Этим достигается применимость предлагаемого решения и к расчету конструкций с незамкнутым сечением.

Учитываются продольные перемещения и сдвиги срединной поверхности, считая, что контур поперечного сечения не деформируется в своей плоскости, но сечение не остается плоским – деформируется. Более подробное описание метода указывается в [2].

Данный метод был использован для выяснения напряженного состояния ворот сухого дока, конструкция которого описана в [1], а модель представлена на рис. 1.

На рис. 2 изображены полученные расчетом эпюры нормальных и касательных напряжений в поперечных сечениях затвора, опирающегося нижним ригелем о жесткий порог.

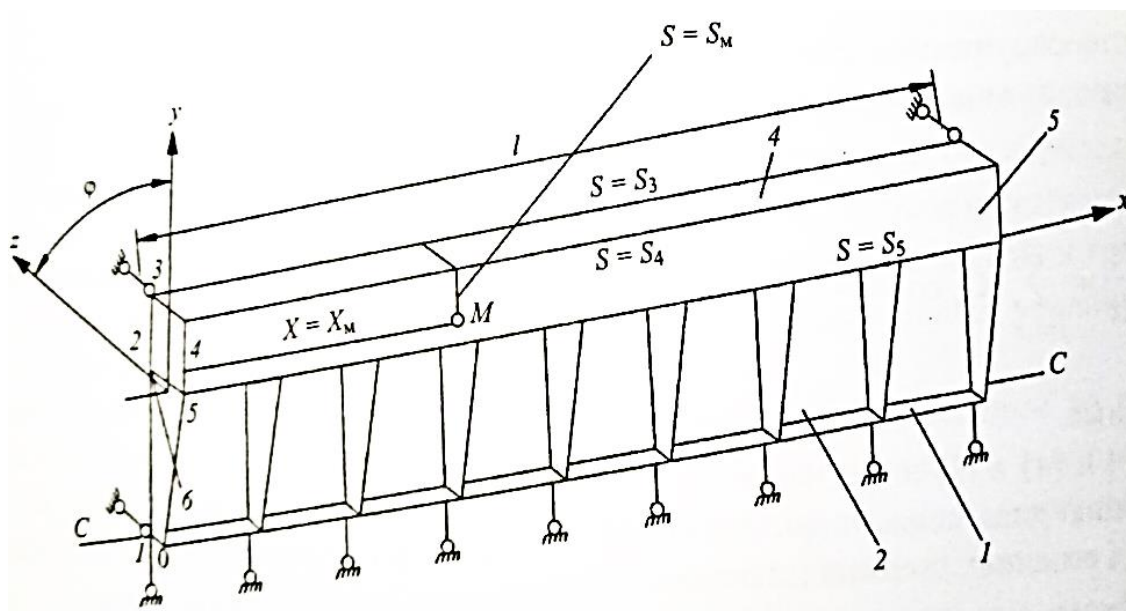


Рис. 1. Расчетная модель доковых ворот:

1, 2, ..., 6 – номера граней и их кромок конструкции затвора;

C-C – ось непрерывного опирания затвора на порог – фиксированная ось кручения [2]

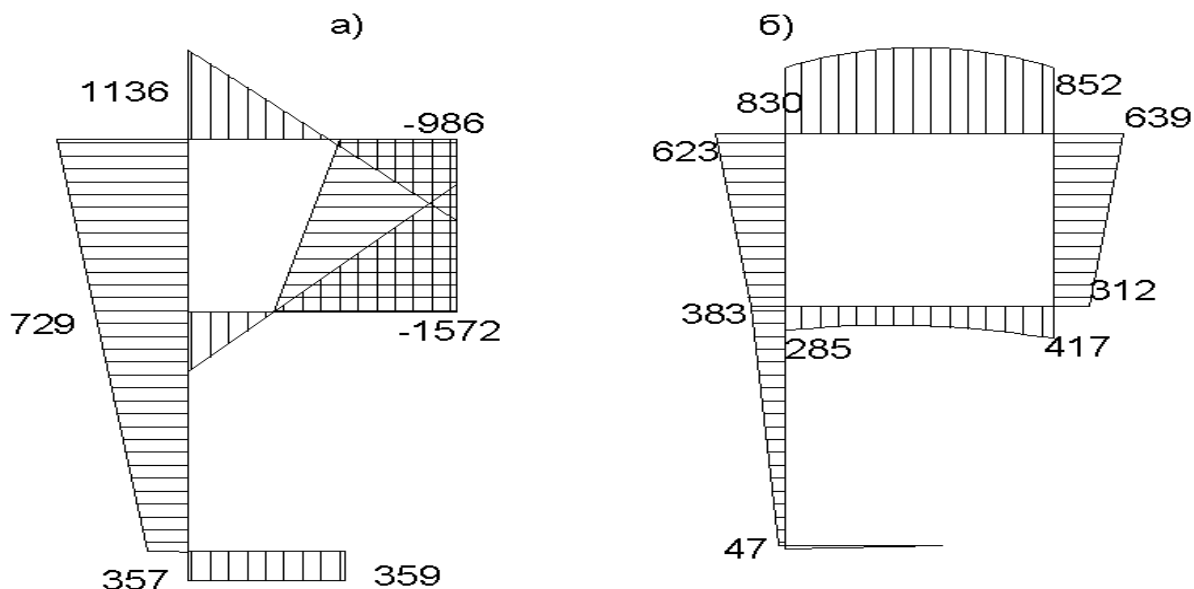


Рис. 2. Расчетные эпюры напряжений, кг/см²:

а – нормальных напряжений в середине пролета;

б – касательных напряжений в сечениях у торцов.

Выводы:

1. Предложенный метод расчета позволяет более точно по сравнению с ранее предложенными методами выяснить напряженно-деформированное состояние тонкостенного призматического стержня замкнуто-разветвленного профиля.

2. Переход к расчету предложенным методом позволяет сконструировать пролетное строение затвора и расположить опорно-ходовые части так, чтобы исключить или в значительной мере уменьшить вибрацию при частично открытых водосливных отверстиях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бухарцев В.Н. Затворы сухого дока // Гидротехническое строительство. 1971. №9.
2. Бухарцев В.Н. Нетрадиционный подход к конструированию и расчету затворов гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 2007. №5.
3. Кучерявенко П.Ф. Иванов Ю.П. Сухие доки. Л.: Судостроение, 1976.
4. Вахарловский Г.А., Кучерявенко П.Ф., Бузик В.Ф. Современные доковые сооружения для крупных и средних судов, Л., 1968.

УДК 629.5.081.32

В.Н.Бухарцев, А.Д.Кузина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НЕОБХОДИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА СУХИХ ДОКОВ ДЛЯ КРУПНОТОННАЖНЫХ СУДОВ В РОССИИ

Россия – самое крупное по территории государство в мире, окруженное водами трех океанов. Для сохранения целостности и укрепления безопасности ключевое значение имеет морская индустрия [1], которая является стратегическим аспектом развития экономики государства и использования транзитного потенциала России [2].

Современное судостроение находится в режиме глобальной конкуренции. С 2010 г. лидирующее место в мире по объему гражданского судостроения занимает Китай (35% от мирового рынка), на долю России приходится лишь 0,4 % [3] (рис. 1).

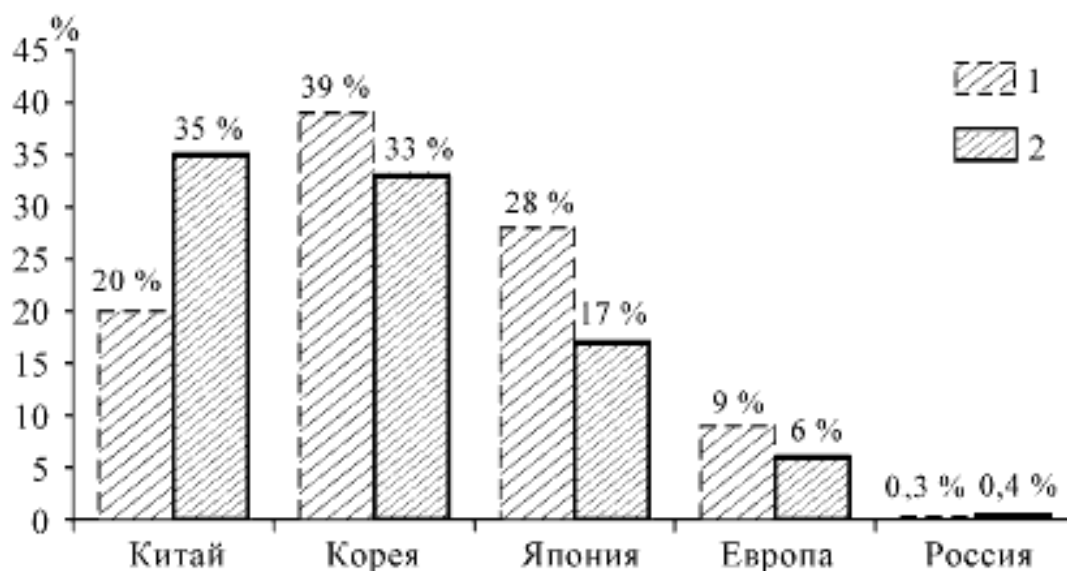


Рис. 1. Доля стран в общем объеме мирового гражданского судостроения [3]:
1 – 2009 г.; 2 – 2010 г.

По данным Центрального научно-исследовательского института технологии судостроения, 90% новых судов и морской техники для внутреннего рынка страны строится за рубежом, а также примерно 90% внешнеторговых морских перевозок осуществляется судами западной постройки под иностранными флагами [4]. Это наносит огромный ущерб бюджету страны и при любом обострении международной обстановки угрожает Российской Федерации морской блокадой в области перевозок внешнеторговых грузов [5].

В мировом судостроении, начиная с 70-х гг. XX в., произошли три технологические революции:

1) появление тяжелого кранового оборудования дало возможность осуществить переход к строительству судов крупными блоками в 500–800 т, что ускорило строительство и позволило выполнять большую часть работ в цехах;

2) создание мощных компьютеров с графическими процессорами позволило перейти от плоскостного проектирования к проектированию, в основе которого лежит использование 3D технологий, что обеспечило высочайшую детализацию;

3) возможность проектирования части судна с полным насыщением (трубопровод, оборудование, кабельные трассы), позволила, начиная с 2000 г., перейти к строительству судов из суперблоков в 2000–3000 т и half-vessel весом до 10000 т [3].

Остановившись в развитии отечественного судостроения на уровне 1970-х гг., вышеперечисленные изменения не получили внедрения, используемые технологии, в большей части, оказались морально устаревшими.

В Советском Союзе на рубеже 60–70-х гг. было построено два крупных сухих дока в Николаеве и Керчи [6].

Использование сухих доков в качестве спусковых устройств позволяет решить проблему отечественного крупнотоннажного судостроения. Альтернативой использования сухих доков (рис. 2) является строительство на наклонных стапелях, которые многие годы были наиболее распространенным типом построечного места крупных и средних судов.

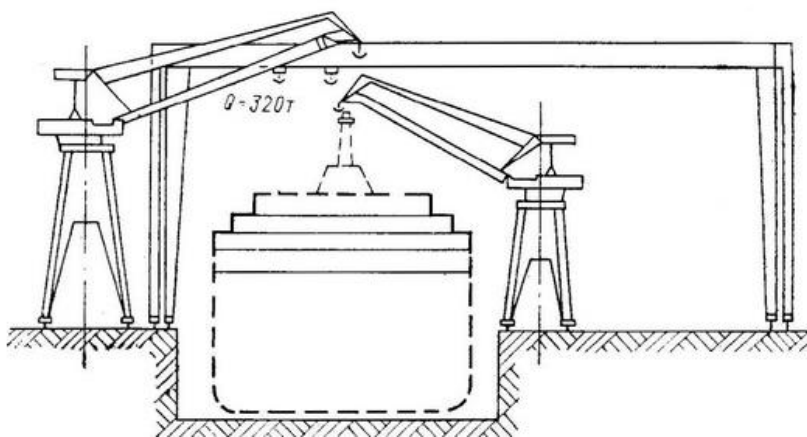


Рис. 2. Разрез строительного дока для постройки крупных судов [7]

По сравнению с наклонными стапелями сухие доки имеют ряд преимуществ [8]:

1. Упрощаются проверочные работы при формировании корпуса судна, которые сводятся к проверке положения относительно трех взаимно перпендикулярных плоскостей отдельных конструкций: основной, диаметральной и мидель-шпангоута [9]. Упрощаются также сборочные работы [7].

2. Упрощаются работы по спуску судна на воду [8]. В сухих доках происходит всплытие судна при заполнении доковой камеры водой, в отличие от других способов спуска судов [10]. Например, при спуске судна по наклонной плоскости под действием силы

тяжести (слип, стапель) необходимо обеспечить идеально гладкую наклонную поверхность, что практически невозможно при больших размерах судов (рис. 3). Это приводит к необходимости увеличения жесткости судна за счет включения дополнительного металла, что увеличивает его стоимость. Кроме того, спуск судна на воду – разовое мероприятие, а излишняя жесткость корпуса остается на все время эксплуатации, что снижает маневренность судна.

3. Расширяются возможности для оборудования сборочных мест средствами механизации [7].

4. Возникает возможность проведения ремонтных работ.



Рис. 3. Продольный наклонный стапель: 1 – батопорт; 2 – бетонная плита [7]

Выводы:

1. Строительство сухих доков в России позволит существенно упростить решение проблемы крупнотоннажного судостроения.

2. Использование сухих доков в сочетании с эллингами позволяет организовывать судостроительные работы независимо от климатических условий и повысить эффективность предприятия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Baburina O.N. Retro- and perspective of Crimean shipbuilding and ship repairing in context of Russian sea industry's revival // European journal of economics and management sciences, 2015. pp. 89 – 92.
2. ФГУП «РОСМОРПОРТ» // Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.rosmorport.ru/media/File/State-Private_Partnership/strategy_2030.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
3. Савалей В.В., Белецкий А.А. Развитие судостроительной и судоремонтной промышленности Дальнего Востока России в условиях открытого рынка и обострения конкуренции // Вестник ТГЭУ. Выпуск №2. Владивосток, 2012. с. 20 – 31.
4. «Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.morinfocenter.ru/mortrans/strategical.asp>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Петербургский правовой портал // Требуются доки. Чтобы не потерять рынок, необходимо модернизировать отечественные предприятия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ppt.ru/news/73276>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
6. Гуткин Ю.М. Некоторые тенденции современного докостроения // Судостроение. Выпуск №5. СПб, 2001. с. 52 – 58.
7. Stroitelstvo-new.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/sborka/typy-postroechnyh-mest.shtml>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
8. Федотов Д.Г. Теория и устройство корабля. Северодвинск, 2008. с. 156.
9. Stroitelstvo-new.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/rk/proverka-polozheniy-korpusnyh-konstruktsiy-na-stapele.shtml>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
10. Корабельный портал // Спуск судна на воду [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://korabley.net/news/spusk_sudna_na_vodu/2012-07-25-1230, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

К ВОПРОСУ О ФИЗИЧЕСКОМ ИЗНОСЕ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Отсутствие инвестиций в течение длительного периода с 1985 по 2005 г. в ремонт и поддержание технического состояния причальных сооружений привело к их интенсивному износу. При оценке современного состояния сооружений в первую очередь необходимо учитывать возраст сооружения и соответствующий данному периоду остаточный ресурс. Поскольку основное строительство причалов происходило в период с 1965 г. по 1985 г., то возраст эксплуатируемых причальных сооружений на период времени 2016 г. находится в широких пределах от 30 до 50 лет. При нормативном сроке службы порядка 50 лет, до окончания этого срока у существующих сооружений остается от 0 до 20 лет.

В нынешней непростой ситуации при отсутствии финансовых средств на ремонт и реконструкцию актуальное значение приобретает более точное определение остаточного износа сооружения с учетом его дополнительных резервов [1-3]. Это позволит увеличить срок гарантированной эксплуатации, что особенно важно в условиях современного кризиса.

В Правилах обследования и мониторинга технического состояния портовых гидротехнических сооружений (ГОСТ Р 54523-2011, Москва, 2011), приводится общий показатель коэффициента износа гидротехнических сооружений по его внешним признакам, регламентирующий вид ремонта [4]. По результатам внешних замеров элементов сооружения определяется коэффициент сохранности отдельных их в группе. Далее, с учетом коэффициентов весомости, находится суммарный коэффициент износа всего сооружения.

К сожалению, не приводится обоснование коэффициента весомости. По-видимому, составляющие этого показателя определялись волевым способом. Коэффициент износа всего сооружения определяется как сумма составляющих его элементов. Насколько этот коэффициент отражает действительную несущую способность сооружения судить трудно.

Несмотря на достигнутые успехи в определении несущей способности портовых сооружений нельзя считать этот вопрос полностью закрытым [5]. В частности методика ГОСТ Р 54523-2011 по определению коэффициента износа всего сооружения с использованием коэффициентов весомости уязвима для критики. В зависимости от общего физического износа сооружения устанавливается объем и категория ремонтных работ.

Физический износ сооружения по ГОСТ Р 54523-2011 с использованием коэффициентов весомости сооружения имеет четыре основные стадии:

1. Износ до 20% – сооружение работоспособно (текущий профилактический ремонт).
2. Износ 20-40% – неработоспособны отдельные несущие элементы (выборочный капитальный ремонт).
3. Износ 40-60% – сооружение неработоспособно в целом (комплексный капитальный ремонт).
4. Износ более 60% – использование сооружения по прямому назначению не возможно или нецелесообразно (восстановление, воспроизводство или демонтаж).

Для иллюстрации рассмотрим некоторые показатели технического состояния элементов сооружения в зависимости от дефекта по ГОСТ Р 54523-2011 для больверка:

1. Дно перед сооружением – работоспособное при углублении 0,5 м, а предельное определяется расчетом. При предельной величине 1,5 м, полученной расчетом, как быть с углублением 0,6-1,4 м. Коэффициент весомости в составе сооружения 5%. При предельном углублении значительного участка, например, в серединной секции в причальной набережной может развиваться аварийная ситуация, несмотря на 5%-й коэффициент

весомости. Это может парализовать работу грузового района порта, оснащенного порталными кранами значительной грузоподъемности.

2. Шпунтовая стенка работоспособна при остаточной толщине не менее 75%, а предельное определяется расчетом. Коэффициент весомости в составе сооружения 40%.

При данном виде повреждения коэффициент весомости в составе сооружения не имеет смысла, так как коррозионный износ возникает по всей длине причальной набережной.

По таблице упомянутого ГОСТа износ 20-40% – неработоспособны отдельные несущие элементы (выборочный капитальный ремонт). Значит если у шпунтовой коррозионный износ всей стенки 40%, надо делать капитальный ремонт отдельных шпунтин.

3. Непонятно, чем обоснованы коэффициенты весомости в составе сооружения для стенки принятые 40%, а анкерной тяге 25%.

Считаем, что критерий физического износа, приведенный в ГОСТ Р 54523-2011, является первым этапом в сложной многоплановой работе по определению несущей способности сооружения. При этом, поскольку больверки занимают 60-70% от всех типов сооружений, критерии их физического износа должны быть рассмотрены более подробно и быть более обоснованными.

Несущие способности существующих причальных набережных во многих случаях значительно отличаются от предусмотренных проектами. Причинами этого являются несовершенство используемых методов расчета, несоответствие расчетных и действительных характеристик грунтов и конструкционных материалов, наличие тех или иных локальных повреждений конструкций, производство работ по возведению сооружения и т.д. Не случайно в Лаборатории технической эксплуатации портовых сооружений Ленинградского института водного транспорта в течение 60-80-х годов прошлого века после натурных исследований причальных сооружений, как правило, допускаемая нагрузка увеличивалась до 50% [6].

Предлагаем количественное изменение несущей способности ответственного элемента больверка, влияющего на все сооружение (например, через изменение напряжения в пролете стенки) в процессе эксплуатации выразить через коэффициент избыточного или остаточного ресурса $K_{p.c.}$. Далее, соответственно, через коэффициент износа $K_{ф. из}$, используя замеренные напряжения в стенке:

$$K_{p.c.} = [\sigma] / \sigma_t;$$
$$K_{ф. из} = 1 - K_{p.c.},$$

где $[\sigma]$ – расчетные значения допускаемых напряжений в элементе сооружения, принятые в проекте, σ_t – фактическое напряжение, замеренное в рассматриваемый период времени t .

При величине $K_{p.c.}$ больше единицы имеет место избыточный ресурс сооружения, если меньше, то соответственно – остаточный ресурс.

Например, в шпунтовой стенке корытного профиля, прокатанной из стали Ст3кп, предельное значение коэффициентов $K_{p.c.}$ и $K_{ф. из}$ равно:

$$K_{p.c.} = [\sigma] / \sigma_b = 210 \text{ МПа} / 420 \text{ МПа} = 0,5$$

и тогда

$$K_{ф. из} = 1 - K_{p.c.} = 0,5.$$

где σ_b – предел прочности стали Ст3кп. При повышенных марках стали $K_{п. p.c.} < 0,5$.

Расчеты показывают, что при упомянутом подходе, величины $K_{ф. из}$ имеют более низкие значения по сравнению с полученными по ГОСТ Р 54523-2011 и, соответственно, конструкция – меньший физический износ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Костюков В.Д. Надежность морских причалов и их реконструкция. М.: Транспорт, 1987, 223 с.
2. Сахненко М.А. Методика оценки коэффициента надежности морских причалов с учетом сроков эксплуатации. Автор. канд. дис. М, 2007, с. 19.

3. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1994. 287 с.
4. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. ГОСТ Р 54523-2011, Москва, 2012.
5. Погодин В.А., Коровкин В.С, Шхинек К.Н., Фомин Н.Ю., Лисовский В.И. Гидротехнические сооружения морских портов. Под ред. Альхименко А.И. СПб.: Изд-во «Лань», 2014, 427 с.
6. Будин А.Я., Чекренева М.В. Усиление портовых сооружений. М.: Транспорт, 1983, 179 с.

УДК 624.154

С.В.Вахрушева, А.В.Смоленкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ ЩЕБЕНОЧНЫМИ СВАЯМИ

Несущая способность грунтов оснований оценивается совместно с фундаментами и наземными конструкциями. По СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» целью расчетов по несущей способности является обеспечение прочности и устойчивости грунтов основания, а также недопущение сдвига фундамента по подошве и его опрокидывания.

Нарушение нормальной эксплуатации сооружений возможно из-за накопления чрезмерных осадок, а также вследствие нарушения прочности основания при действии на фундамент существенных вертикальных и горизонтальных нагрузок. Таким образом, несущая способность грунта – это предельная нагрузка, которую способен выдержать грунт без его разрушения.

Слабые грунты можно встретить почти в любом регионе нашей страны, наибольшее распространение они получили на территории Западной Сибири и Урала. Здесь расположено огромное количество болот и заторфованных территорий [1, 2].

Для повышения несущей способности грунтовых оснований применяют различные способы искусственного закрепления грунтов [3, 4]. В настоящей работе рассматривается механический метод, а именно использование грунтовых свай. При использовании данного метода увеличивается несущая способность улучшенного основания, снижаются осадки, ускоряется процесс консолидации грунта за счет возрастания фильтрационных процессов грунтовой воды (поскольку сваи играют роль вертикальных дрен) [1, 5].

Цель работы состоит в формулировании основных преимуществ песчано-щебеночных свай перед традиционными инженерными мероприятиями по увеличению несущей способности грунта.

Щебеночные сваи – тип обработки грунта глубинной вибрацией с подачей щебня на дно формируемой скважины, при которой глубинный вибратор используется для создания непрерывных колонн из щебня с заданными длиной и диаметром [6].

По конструктивному назначению, размещению в плане и работе, в грунте между бетонными и грунтовыми сваями имеется принципиальное различие. Бетонные или железобетонные сваи представляют собой жесткие стержни, составляющие основную часть свайного фундамента. От таких свай нагрузка от сооружения передается грунту. Понятие же «грунтовая свая» является условным. Назначение последней состоит только в уплотнении грунта, залегающего ниже подошвы фундамента. По окончании работ по уплотнению грунта грунтовыми сваями они физически перестают существовать и вместе с уплотненным грунтом образуют более или менее однородное искусственное основание [7]. В качестве заполнителя кроме щебня можно также использовать любой тип инертных материалов: песок, песчано-гравийную смесь и др.

Применение щебеночных свай:

- при строительстве железных и автомобильных дорог в условиях слабых грунтов (намывные пески, текучие глины, заторфованные грунты и др.);

- для улучшения грунтов основания при строительстве фундаментов опор и устоев мостовых конструкций в сейсмоопасных районах;
- для увеличения несущей способности и дренирования грунтов под дорожным полотном;
- для стабилизации береговой линии водоемов и намывных территорий.

Щебеночные сваи применяются часто для одной или нескольких задач, таких как создание основания для нагрузок над щебеночными сваями, пористых дрен для обеспечения поперечного дренажа, производство быстрого укрепления грунта склонов, предотвращение разжижения из-за землетрясения [6].

Усиление грунтовыми сваями является одним из наиболее простых с технологической точки зрения способов [1]. Технологический процесс устройства щебеночных свай включает в себя следующую последовательность (рис. 1):

- 1) глубинный вибратор погружается с помощью вибрации и подачи воздуха (иногда с минимальной подачей воды под давлением для прохождения плотных слоев);
- 2) щебень вводится через специальный привод вдоль вибратора под давлением сжатого воздуха;
- 3) виброинструмент совершает возвратно-поступательные движения, уплотняя щебень и постепенно перемещаясь вверх, формируя тело сваи [6].

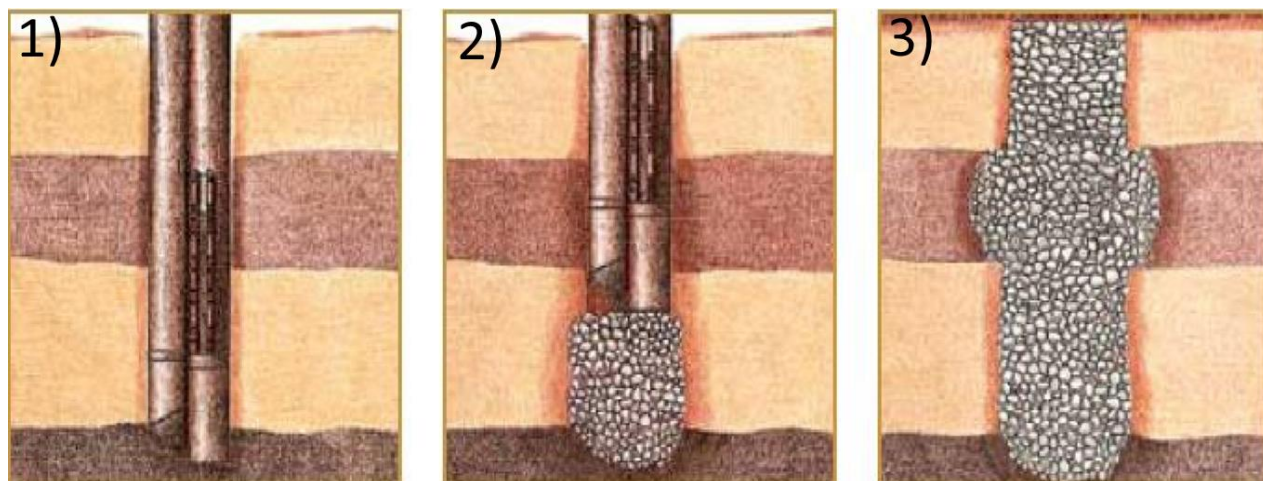


Рис. 1. Последовательность изготовления щебеночных свай [5]

Одной из причин ослабления грунтов основания является их «разжижение» при сейсмической активности Земли. Щебеночные сваи работают, как вертикальные дренажи и уменьшают избыточное пластическое давление, которое приводит к «разжижению» грунта. Землетрясение вызывает сдвигающие напряжения, которые распределяются на грунт и сваи пропорционально жесткостям обоих материалов.

По материальным затратам щебеночные сваи дешевле по сравнению с классическими технологиями с выборкой грунта [8]. Применении щебеночных свай позволяет минимизировать шумовые и экологические воздействия, например, предотвращать излив цементных растворов в толщу воды.

Развитие технологий в данной сфере позволяет решать множество современных проблем. Например, оборудование, проектирование и методы компании Betterground были успешно применены при подводной установке щебеночных свай в Патрасе, в Греции.

Так как основной процесс ведется в массиве грунта, то работать можно в замкнутых или достаточно стесненных условиях. Необходимо отметить высокую производительность устройства щебеночных свай, которая составляет от 200 до 400 пог. м за смену. Кроме того, на свайных установках присутствует компьютерное оборудование, позволяющее

регистрировать технологические параметры устройства каждой сваи, а грунты основания испытывают до и после устройства пробных свай и всего свайного поля [6].

Данный метод увеличения несущей способности грунтов основания нельзя использовать при усилении существующих фундаментов или близлежащих сооружений из-за опасностей воздействия на них вибрации [9].

Известным недостатком технологии устройства цилиндрических вертикальных грунтовых свай является образование по их контуру уплотненной зоны слабого грунта с нарушенной структурой. Повышение диаметра сваи сопровождается утолщением уплотненной зоны. Однако уменьшать диаметр свай нецелесообразно, так как эффективность их работы значительно снижается. В связи с этим было предложено использовать сваи щелевого типа. В поперечном сечении такая щелевая свая представляет собой эллипс или прямоугольник с отношением диаметров или сторон 1:3, 1:4 и т.п. Уплотнение грунта вдоль удлиненной стороны будет значительно, чем вокруг цилиндрических свай, и, следовательно, фильтрация влаги к свае будет происходить практически без искусственных препятствий. Периметр щелевой сваи на 35-40 % больше периметра круглой при одинаковых площадях, и, что приводит к снижению сроков стабилизации грунтовых толщ застраиваемых территорий. Таким образом, существует возможность использования технологии в широком диапазоне слабых грунтов, в том числе заторфованных [10].

Проведенный анализ методики использования щебеночных свай для повышения несущей способности грунтовых оснований показал, что, несмотря на существующие недостатки, рассмотренный способ обладает рядом преимуществ. Простая и уникальная технология позволяет ускорить консолидацию грунтов, существенно улучшает их несущие характеристики и обеспечивает вертикальный дренаж [11]. Он применим в замкнутых, труднодоступных условиях, а также в районах сейсмической активности и при подводной установке. Использование компьютерного оборудования повышает производительность устройства щебеночных свай, а значительная экономия материалов и экологичность производства делает метод предпочтительным в сравнении с традиционными методами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шенкман Р.И., Пономарев А.Б. Исследование эффективности применения грунтовых свай для улучшения слабых грунтов// Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2011. № 1. с. 89-94.
2. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – 2-е изд. перераб. и доп. Л.: Стройиздат, 1988. 415 с.: ил.
3. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб : Изд-во «Лань», 2003. 288 с.
4. Алексеев А.А. Технология и организация сельского строительства: Учебник для вузов по спец. «Архитектура и планировка сел. насел. мест». Л.: Стройиздат, 1983. 440с.: ил.
5. Белаш Т.А. Особенности строительства и эксплуатации сейсмостойких зданий // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2008. №4. с. 6-16.
6. Использование щебеночных и песчаных свай для усиления слабых грунтов / Долгов П. Г.//Технологии фундаментостроения: Материалы второй Всерос. науч.-практ. конф. «Современные технологии фундаментаостроения» / СПб, 2015. 16-21с..
7. Бельский С.Б., Дикман Л.Г., Косоруков И.И. Проектирование и устройство свайных фундаментов: Учебное пособие для строительных вузов. – М.: Высшая школа, 1983. 328 с.: ил.
8. Еланский М.Е. Вячеслав Смоленков: «Использование щебеночных свай ускоряет строительство»// Строительный Еженедельник. 2015. №41. с.28-30.
9. Способ усиления оснований симметрично нагруженных фундаментов/ Шишкин В.Я.: Патент РФ №2026926// Бюл. изобретений. 1995. № 1.
10. Коновалов П.А. Устройство фундаментов на заторфованных грунтах. М.: Стройиздат, 1980. 160 с.
11. Соколов А.Д. Ступени преодоления// Дорожная держава. 2016. №56. с. 24-38.

ДЕФЕКТЫ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
И МЕТОДЫ ИХ РЕМОНТА

Оградительные сооружения, возводимые для защиты акватории порта или береговой полосы от волнения, течений, наносов и льда необходимо обследовать и освидетельствовать для оценки возможности их дальнейшей безаварийной эксплуатации в течение установленного срока службы, определения необходимости восстановления или усиления отдельных элементов. Данные работы проводятся в соответствии с [6] для обеспечения безопасности гидротехнических сооружений, разработки и осуществления мер по предупреждению аварий. Можно выделить три основных этапа проведения обследований:

- выявление дефектов конструктивных элементов;
- определение физического износа конструкций и сооружения в целом;
- заключение о техническом состоянии сооружения и его годности к эксплуатации. Рекомендации по дальнейшей эксплуатации.

На основании заключения прорабатываются методы ремонта сооружения, мероприятия, предотвращающие появление и развитие дефектов.

Наибольшее распространение в Российской Федерации получили оградительные сооружения гравитационного типа, а также согласно технико-экономическим обоснованиям, молы и волноломы откосного профиля. Это решение соответствует основным направлениям практики мирового строительства [1].

Применение откосных сооружений характеризуется в первую очередь их высокой материалоемкостью. Основным отличием от гравитационных сооружений вертикального типа является наличие откосного крепления с внешней (морской) стороны, подверженной наибольшим волновым нагрузкам и воздействиям [1].

В рамках данной работы рассмотрен Левый (Северный) мол морского порта Высоцк, назначение которого состоит в защите акватории порта Высоцк. Согласно паспорту [7], сооружение относится к полуоткосному типу, так как оно:

- откосное с морской стороны;
- вертикально-откосное со стороны акватории порта.

Конструкция состоит из трех частей: корневой, средней и головной.

Корневая часть выполнена в виде дамбы трапецеидального профиля из каменной наброски с бермой. Верх и откосы прикрыты гранитными блоками.

Средняя часть состоит из трех продольных рядов деревянных свай, из которых первый со стороны акватории порта выполнен в виде частокола и заанкерен за третий, забитый с шагом 3,0 м. Между сваями выполнена каменная засыпка, по верху которой между частоколом и средним рядом свай устроена кладка из тесаных гранитных камней. За третьим рядом свай с морской стороны отсыпана призма из рваного гранитного камня, берма прикрыта гранитными блоками.

Головная часть откосного профиля из камня 15-50 кг, отсыпанного на старую конструкцию (стальная оболочка большого диаметра, заполненная камнем, с железобетонной надстройкой) с установленной на ней железобетонной уголкового стенкой, с засыпкой внутри щебнем и обсыпанной снаружи камнем массой 100-200 кг. Стенка причала со стороны акватории порта из пустотелых железобетонных массивов, установленных на каменную берму. Массивы засыпаны внутри камнем 15-50 кг и накрыты железобетонными плитами.

Головная и средняя часть сооружения представлена на рис. 1, корневая часть на рис. 2.

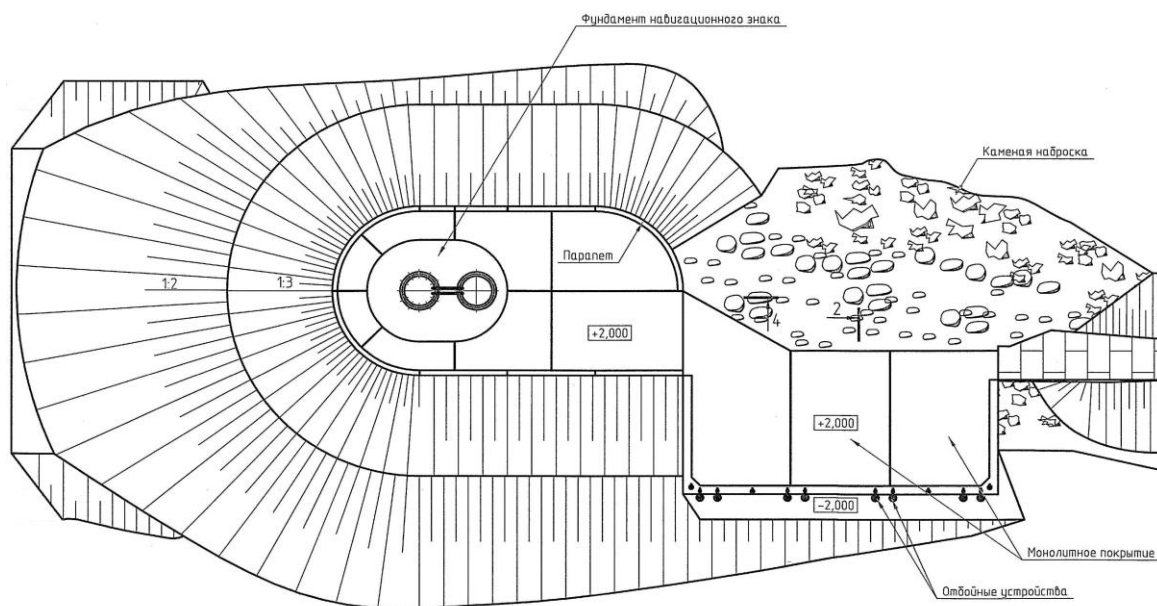


Рис. 1. Общая схема головной и средней части Левого (Северного) мола

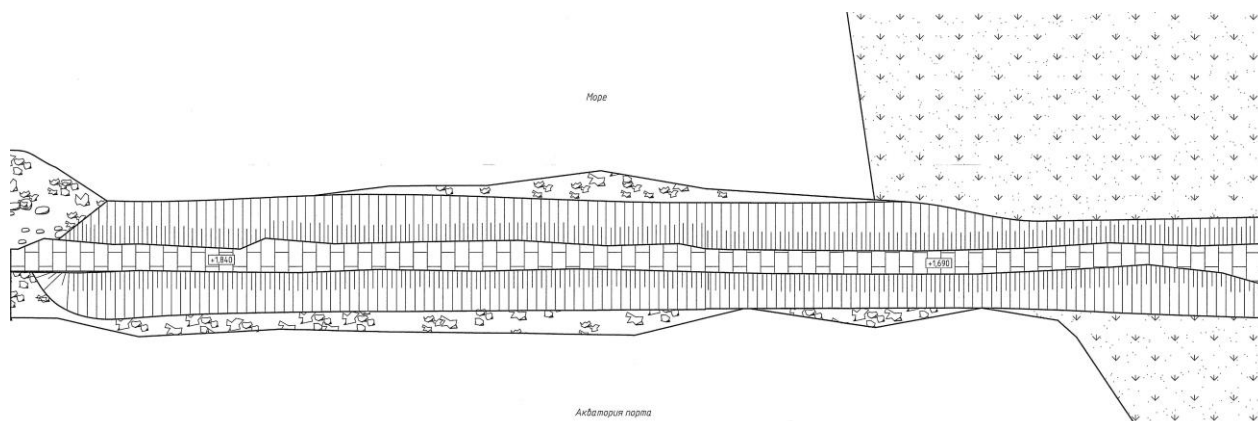


Рис. 2. Общая схема корневой части Левого (Северного) мола

Цель работы состояла в выявлении дефектов оградительного мола, образовавшихся за время эксплуатации, оценке их влияния на работоспособность сооружения, обеспечение безопасности и защиты акватории порта Высоцк с разработкой предложений по устранению дефектов и ремонту.

Для достижения поставленной цели была произведена оценка состояния конструкции. Для выполнения обследований привлекалась специализированная организация, имеющая опыт проведения работ в данной сфере.

На оградительные сооружения портов наибольшее воздействие оказывают гидрометеорологические факторы, к которым относятся глубина воды у сооружения, колебания уровней воды, течения, волнение и лед [1, 4]. Дно в зоне Левого (Северного) мола загрязнено посторонними предметами, препятствующими безопасной навигации, наблюдается изменение проектных глубин в результате размыва со стороны акватории. Средняя и корневая часть имеют дефекты, связанные также с размывом откосов и их локальными разрушениями до 95%, что влечет за собой оголение кладки из тесаного гранитного камня и отклонение от проектных отметок верха оградительного сооружения.

В головной части обнаружено разрушение железобетонной уголковой стенки с оголением арматуры и нарушением грунтонепроницаемости, выход грунта засыпки – щебня.

Локально наблюдается вымывание камня массой 100-200 кг, используемого в качестве наброски у головной части.

При проектировании гидротехнических сооружений, их ремонте и реконструкции необходимо обеспечивать безопасность и надежность сооружений с конструктивно-технологическими решениями по предотвращению развития возможных опасных повреждений и аварийных ситуаций, которые могут возникнуть в период эксплуатации [3].

Предлагаемый ремонт мола состоит в восстановлении проектной отметки в головной части мола посредством устройства монолитного железобетонного оголовка, устанавливаемого на кладке из тесаного камня существующей конструкции. Перед устройством оголовка пустоты между отдельными камнями существующей кладки должны быть засыпаны щебнем, а в существующую кладку забурены арматурные стержни для обеспечения связи с арматурными каркасами оголовка. Далее выполняется бетонирование оголовка по секциям. Существующие бетонные поверхности перед бетонированием должны быть смочены водой. Бетонирование выполняется с использованием виброуплотнителя, бетонную смесь укладывают горизонтальными слоями толщиной 0,3–0,5 м. Каждый слой бетона тщательно уплотняют глубинными вибраторами, затем устраивается опалубка, создаются благоприятные температурно-влажностные условия для твердения бетона [8].

После устройства оголовка необходимо восстановить защитную наброску оголовка, откосы средней и корневой части. Со стороны акватории данные работы можно выполнить с проектным заложением откоса из камня массы 200-400 кг поверх существующего. Со стороны акватории предполагается восстановление откоса путем отсыпки камня большей массы или укладки фасонными блоками. При этом расчет массы отдельного элемента необходимо выполнить в соответствии с российскими нормами, учётом экспериментальных исследований и уточнений расчетных формул [2, 5, 9, 10]. Применение фасонных блоков, обладающих большей устойчивостью на откосе и хорошими волногасящими свойствами позволит существенно уменьшить массу элементов и заложения откосов, а, следовательно, материалоёмкость конструкции [1].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб: Изд-во «Лань», 2003. 283 с.
2. Беляев Н.Д. Защита оснований ледостойких платформ от размыва. Предотвращение аварий зданий и сооружений. // Сб. науч. тр. Выпуск №8. Москва, 2009. С. 228-236.
3. Беляев Н.Д. и др. Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа. // Инженерно-строительный журнал. 2015. №3 (55). С. 79-88;
4. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
5. Власов П.П., Кузнецов П.О., Папин А.А., Беляев Н.Д. Оценка параметров защитного крепления откоса по российским нормам. // СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. С. 3-5.
6. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния, Москва, 2012.
7. Паспорт гидротехнического сооружения «Левый мол (Северный) морского порта Высоцк», Союзморниипроект, 27.11.2009 г., арх. №44817, Москва, 16 с.
8. Погодин В.А., Коровкин В.С., Шхинек К.Н., Фомин Ю.Н., Лисовский И.В., Альхименко А.И. Гидротехнические сооружения морских портов: Учебное пособие / Под ред. А.И. Альхименко. СПб: Издательство «Лань», 2014. 432 с.
9. Khosronejad, C. Hill, S. Kang and F. Sotiropoulos. Computational and experimental investigation of scour past laboratory models of stream restoration rock structures Advances in Water Resources. 2013. Vol. 54. Pp. 191-207.
10. Shore Protection Manual. Vol. 1. US Army. 1984.

ОГРАДИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИЗ ОБОЛОЧЕК БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА
С ЗАЩИТНОЙ НАБРОСКОЙ

Для защиты акваторий от действий волн в общем случае требуются оградительные сооружения – молы и волноломы различной конструкции [1, 2, 8].

Одним из наиболее распространенных вариантов оградительных сооружений являются откосные конструкции с защитной наброской или укладкой из сортированного камня, обыкновенных массивов и фасонных блоков (рис. 1, а) [3, 4, 6, 13-15]. Один из недостатков таких конструкций состоит в том, что к ним нельзя пришвартовывать суда.

Для того чтобы использовать оградительное сооружение в качестве мола-причала необходимо включить в его конструкцию вертикальную стенку со стороны внутренней акватории. Для этого можно использовать гравитационные стены из кладки обыкновенных массивов и массивов-гигантов (рис. 1, б), взаимозаанкеренные двухрядные шпунтовые конструкции (рис. 1, в) и бетонные или стальные оболочки большого диаметра (рис. 1, г).

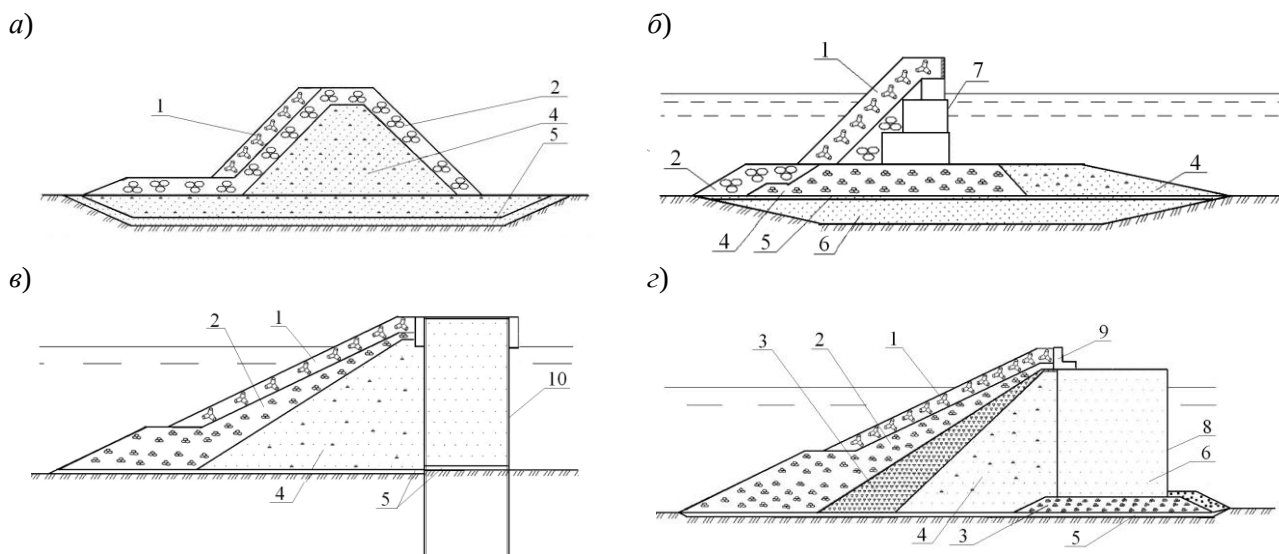


Рис. 1. Разрезы оградительных сооружений с защитой откоса наброской

а – откосного типа; б – с жестким экраном из массивовой кладки;

в – двухрядной конструкции; г – из оболочек большого диаметра:

- 1 – фигурные блоки; железобетонные массивы; 2 – крупный камень; 3 – мелкий камень;
4 – отсев; песчано-гравийная смесь; 5 – обратный фильтр; 6 – песчаный грунт; 7 – бетонные массивы;
8 – оболочка большого диаметра; 9 – надстройка с парапетом; 10 – шпунтовая стенка

При проектировании конструкций со свайными элементами необходимо особое внимание уделять обоснованию конструкции в строительный период при отсутствии у них защитной наброски [5, 7].

На проектирование и строительство стальных тонкостенных оболочек большого диаметра (СтОБД) в качестве основных несущих элементов портовых гидротехнических сооружений распространяются требования РТМ 36.44.12.1-90 [10]. В РТМ 36.44.12.1-90 под СтОБД имеются в виду стальные оболочки диаметром $D = 8 \dots 16$ м и высотой $H < 16$ м.

Вне зависимости от схемы взаимодействия СтОБД в плане (с использованием нащельников, упругих вкладышей или вставок) расчеты следует производить для отдельной оболочки согласно РТМ 31.3013–77 [9].

Главной отличительной особенностью оградительного сооружения из оболочек состоит в том, что передняя и задняя грани имеют криволинейное очертание в плане. В связи с этим распределение волнового давления по длине сооружения и характер взаимодействия волн с ним отличается от конструкций с прямолинейной в плане передней гранью. В пределах одной оболочки интенсивность волнового давления по длине криволинейной поверхности восприятия изменяется, поэтому в отличие от других конструкций все проверочные расчеты ведутся не на один погонный метр сооружения, а на одну оболочку [12].

Величину и распределение эпюры волнового воздействия по вертикали в расчетах оградительных сооружений следует определять, как для плоской стенки с учетом перераспределения в плане [9].

Горизонтальную волновую нагрузку на вертикальную стену под воздействием стоячей волны следует принимать по эпюрам волнового давления p по глубине при различном положении гребня и подошвы волны у стены. Построение эпюр волнового давления p должно производиться по результатам экспериментальных исследований и/или гидродинамических расчетов. Допускается применение способа, приведенного в приложении Г СП 38.13330.2012 [11].

Расчет сооружений при глубине до дна $d_b > 1,5h$ и глубине над бермой $d_{br} \geq 1,5h$ должен производиться на воздействие стоячих волн со стороны открытой акватории (h – высота волны).

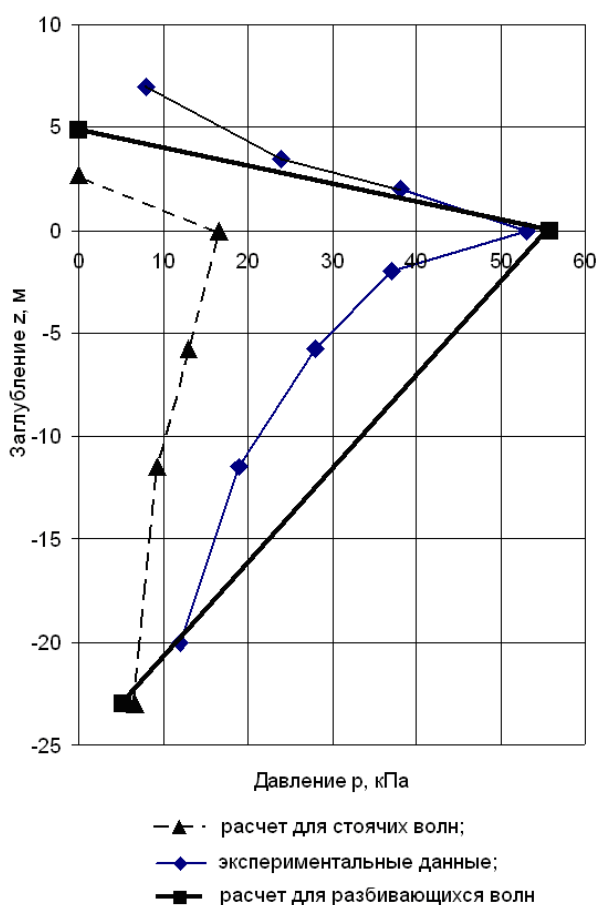


Рис. 2. Эпюры давления от гребня волны на диаметрально сечение оболочки

Проведенные в 2016 году экспериментальные исследования мола (рис. 1, г), подвергающегося волновым воздействиям, показали, что определенные по нормативным формулам параметры волновых нагрузок не соответствуют экспериментальным данным.

Одно из объяснений этого несоответствия между расчетами и опытами, состоит в том, что волна, формировавшаяся в опытах, не является в чистом виде стоячей волной. При проведении опытов были очень сильные всплески при встрече набегающих и отраженных волн вследствие того, что оболочка имеет криволинейный профиль и отражение происходит с расщеплением и деформацией профиля волны при взаимодействии с ее гранью сооружения.

Расчеты по определению волновых нагрузок при действии разбивающихся волн дают результаты, превышающие экспериментальные данные на 17% (рис. 2).

В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

- необходимо совершенствование нормативной базы с уточнением расчетных формул для проектирования сооружений из оболочек большого диаметра;
- при анализе внешних нагрузок в строительный период необходимо использовать формулы СП 38.1330.2012 [11] для волнового воздействия от разбивающихся волн;
- при проектировании оградительных сооружений из оболочек большого диаметра результаты расчетов обязательно должны сопоставляться с данными экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А.И. и др. Безопасность морских гидротехнических сооружений. – СПб: Изд-во «Лань», 2003.
2. Балашов Б.В. и др. Мониторинг насыпной дамбы, возводимой в МТП Усть-Луга на слабом грунтовом основании. Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 30. № 4. С. 10-16.
3. Беляев Н.Д. Защита оснований ледостойких платформ от размыва. Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. тр. Выпуск №8. Москва, 2009. с. 228-236.
4. Беляев Н.Д. и др. Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа. Инженерно-строительный журнал. 2015. № 3 (55). С. 79-88.
5. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
6. Карась Р.А., Беляев Н.Д. Инженерные методы учёта, предотвращения и защиты от размыва подводных откосов и дна ГТС. Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. тр. Москва, 2008, с. 210-218
7. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Инженерные мероприятия по увеличению долговечности сквозных гидротехнических сооружений. СПбГПУ. 2007. № 49. С. 185-193.
8. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Инженерная геология. Заносимость морских гидротехнических сооружений. Санкт-Петербургский государственный технический университет. Санкт-Петербург, 1996.
9. РТМ 31.3013–77. Руководство по расчету морских гидротехнических сооружений из оболочек большого диаметра. – М: ЦРИА «Морфлот», 1978 – 63с
10. РТМ 36.44.12.1-90. Проектирование и строительство портовых гидротехнических сооружений с применением стальных оболочек большого диаметра. – СПб: ВНИИГС, 1992
11. СП 38.1330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов), 2013.
12. Статический расчет оградительных сооружений. Методические указания и рекомендации. Часть 2. ОИИМФ, Одесса, 1990
13. Чугунова В.В., Беляев Н.Д. Анализ методов защиты от размывов у морских ГТС. Неделя науки СПбГПУ: материалы НПК с международным участием. НОЦ «ВИЭ» СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. с. 80-83.
14. Babchik D. et al. Experimental investigations of local scour caused by currents and regular waves near drilling barge foundations with cutout in stern. Proceedings of 5th International Conference “Coastlab14”. Varna, Bulgaria. 2014. Pp. 114-124.

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ПОРТОПУНКТОВ
КРЫМСКИХ МОРСКИХ ПОРТОВ

В результате проведенного референдума о статусе Крыма, в 2014 году полуостров был присоединен к России. Вследствие этого возрос туристический интерес к курортным районам Крыма, в частности к побережью Черного моря. Морские порты Крыма имеют богатый туристический потенциал. В работе [1] рассматривается важность и значимость Крымских морских портов еще со времен второй половины XIX – начала XX века. Именно поэтому существует необходимость в регулярном техническом освидетельствовании пассажирских портопунктов для поддержания их в работоспособном состоянии в целях безопасной эксплуатации. В работах [2-6] показана необходимость проведения мониторинга, диагностики технического состояния и уровня безопасности и надежности гидротехнических сооружений.

В данной статье объектом исследования являются пассажирские портопункты и причалы Ялтинского и Евпаторийского торговых портов, входящие в состав Государственного унитарного предприятия Республики Крым «Крымские морские порты».

Целью данной работы является анализ технического состояния пассажирских портопунктов и причалов Крымских морских портов.

Для достижения поставленной цели потребовалось решение следующих задач:

- изучение нормативно-технической документации по обследованию и мониторингу гидротехнических сооружений;
- обследование пассажирских портопунктов и причалов Крымских морских портов (выявление дефектов конструктивных элементов сооружений, определение их физического износа);
- обработка полученных данных.

Оценка технического состояния гидротехнических сооружений производилась с учетом требований ГОСТ Р 54523-2011 [8], а также методик, регламентированных действующими нормативными и руководящими документами [9-12].

В июне 2016 года было произведено визуальное и инструментальное обследование технического состояния гидротехнических сооружений, специализирующихся на пассажирских перевозках, таких как: причал в Судаче эстакадного типа; причал в Малореченском эстакадного типа; причал в Рабочем (Профессорском) уголке эстакадного типа; причал в Никитском ботаническом саду эстакадного типа; причал в Гурзуфе эстакадного типа; причал в Симеизе; причал в Алушке эстакадного типа; причал в Мисхоре эстакадного типа; пассажирский пирс в районе сада им. Караева; пассажирский пирс «Парк Фрунзе»; пассажирский пирс «Новый пляж».

Конструктивный тип обследуемых сооружений – пирс в виде эстакады на металлических сваях с железобетонным ростверком. Основными конструктивными элементами являются свайное основание и верхнее строение. Пирсы и причалы оборудованы отбойными и швартовными устройствами.

На рисунках приведены фотографии основных значительных и критических дефектов конструктивных элементов и оборудования сооружений выявленные в результате обследования.

В ходе анализа полученных данных, было выявлено, что на всех одиннадцати обследуемых объектах имеется полное разрушение свай свайного основания, а также присутствует сплошная и (или) язвенная коррозия металла свай (рис. 1). Причиной их

полного разрушения могло стать несвоевременное выявление и, как следствие, не устранение поверхностной и язвенной коррозии металла.

У шести объектов зафиксированы значительные отклонения свай от вертикального положения, это может быть обусловлено рядом причин: переуглублением дна, недостаточной глубиной забивки свай и сверхнормативными нагрузками на сооружение.

Верхнее строение сооружений имеет многочисленные значительные и критические дефекты в виде разрушения бетона нижней, кордонной и горизонтальной плоскостей с обнажением и (или) без обнажения арматуры (рис. 2). Данные дефекты могли возникнуть по причинам: не соответствия фактического проектному классу бетона, истощения запаса прочности, неправильной эксплуатации сооружения и ряду других причин.

Для обеспечения безопасной швартовки судов и сохранности сооружений необходимо, чтобы швартовные и отбойные устройства находились в исправном техническом состоянии на всем протяжении причала (пирса) и соответствовали по своим характеристикам судам, швартуемым к сооружению. В ходе обследования зафиксировано полное или частичное отсутствие отбойных устройств, коррозионный износ, многочисленные трещины, разрывы и сколы отбоев (рис. 3). У швартовных устройств основными дефектами являются отсутствие лакокрасочного покрытия, язвенная и поверхностная коррозия (рис. 4).

Так же на многих сооружениях зафиксировано полное разрушение или отсутствие швартовных устройств, что вынуждает суда пришвартовываться за отбойные устройства, а также за другие части сооружения, не предназначенные специально для швартовки, тем самым нанося вред отбойным устройствам и сооружению.

Согласно п.11.6.3 РД 31.3.01.01-93 [12], причалы должны иметь ограждения (перилы) по линии кордона. В ходе обследования на всех объектах зафиксировано частичное или полное отсутствие перильных ограждений, нарушение антикоррозийного и лакокрасочного покрытия ограждений, что является нарушением норм руководящих документов. Наличие таких дефектов может угрожать жизни и здоровью пассажиров, в связи с чем их можно отнести к категории значительных.

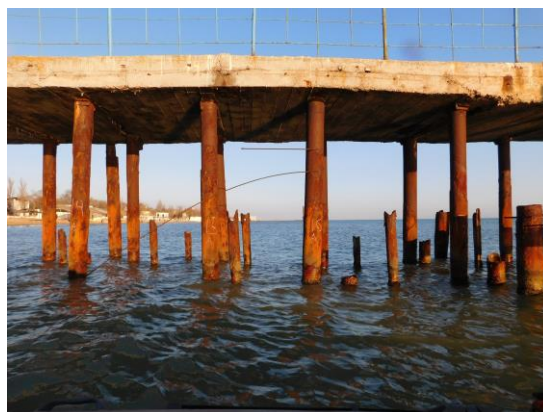


Рис. 1. Полное разрушение свай, язвенная и сквозная коррозия металла свай пассажирского пирса «Парк Фрунзе»



Рис. 2. Разрушение бетона на нижней поверхности верхнего строения с обнажением и коррозией рабочей арматуры на причале в Алушке



Рис. 3. Деформация, поверхностная коррозия металлического короба отбойного устройства, полное разрушение резинового цилиндра на Пассажирском пирсе в районе сада им. Караева

Во избежание разрушения кромок железобетонного верхнего строения сооружения следует оборудовать кордонными уголками по всей длине линии кордона. Обследуемые пирсы и причалы кордонных уголков не имеют. По результатам комплексной оценки технического состояния пассажирских портопунктов и пирсов общий физический износ сооружений находится в диапазоне от 30,5 % до 97,5 %.

Все перечисленные дефекты свидетельствуют о необходимости проведения капитального ремонта или реконструкции рассмотренных пассажирских портопунктов и причалов Ялтинского и Евпаторийского торговых портов.

Из анализа полученных результатов следует, что проведение регулярных и периодических технических осмотров для установления состояния конструктивных элементов и соблюдения установленного режима эксплуатации необходимо для обеспечения сохранности сооружения, своевременного устранения физического износа конструктивных элементов сооружения и контроля за режимом эксплуатации сооружения.



Рис. 4. Поверхностная и язвенная коррозия кнехта и как следствие полное разрушение швартовного устройства на Пассажирском пирсе «Парк Фрунзе»

ЛИТЕРАТУРА:

1. Martisynovsky P.N. Structure of the international navigation at the Crimean ports and it's place in foreign trade of the Russian empire in the second half xix – the beginning of xx century // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Исторические науки. 2013. С. 180-186
2. Арифалин Е.З., Федянин В.И., Мальцев А.С., Калач А.В. Методология мониторинга чрезвычайных ситуаций, связанных с авариями на гидротехнических сооружениях // Вестник воронежского института ГПС МЧС России. 2013. С. 25-28.
3. Ожигин С.Г., Нугужин Ж.С., Хмырова Е.Н. и др. Комплексное обследование гидротехнических сооружений на Чардаринском водохранилище // Вестник СГУГИТ. 2014. С. 13-18.
4. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб.: Лань. 2003
5. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Межвузовский сборник научных трудов. Магнитогорск, 2003. С. 34-39.
6. Балашов Б.В. и др. Анализ проблем, связанных с обследованиями портовых ГТС (на примере глубоководной достроечной набережной). Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2013. Т. 269. С. 110-117.
7. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния / Стандартиформ. М., 2012.
8. РД 31.35.10-86. Правила технической эксплуатации портовых сооружений и акваторий / ММФ. М., 1987.
9. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003.
10. РД 31.3.3-97. Руководство по техническому контролю гидротехнических сооружений морского транспорта РФ, М., 1997.
11. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
12. РД 31.3.01.01-93. Часть 1. Руководство по технологическому проектированию морских портов. М., 1993.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДВУХАНКЕРНЫХ БОЛЬВЕРКОВ
НА ПРИМЕРЕ НИЖЕГОРОДСКОГО ПОРТА

Характер работы причальных набережных в виде одноанкерных стенок в работах российских и зарубежных ученых изучен достаточно полно [1, 2]. В проектной практике в настоящее время широко используются различные программы типа Plaxis, САПР-Гидротехника и др. для расчета одноанкерных стенок [3]. К примеру, в программе САПР-Гидротехника стенка рассматривается, как балка с сосредоточенной верхней опорой и грунтовой нижней.

Что касается работ по многоанкерным стенкам то их, по сравнению с одноанкерными, гораздо меньше. Этому в большой степени содействовал неудачный опыт возведения причальной стенки высотой 14,3 м в 1956 г. в Горьковском речном порту и сравнение замеров усилий в тросах с методикой расчета. В процессе неполной засыпки стенка получила наклон относительно нижней опоры, что привело к провисанию верхней анкерной тяги. Строители выбрали в ней слабинку, создав дополнительное усилие. В результате после полной засыпки стенки усилие в верхнем анкере значительно превысило расчетное, а в нижнем заметно снизилось. По данным замеров лаборатории технической эксплуатации ЛИВТа (Шамшурин В.И.) усилие в верхних анкерах достигло площадки текучести (240 МПа), а в нижних составило порядка 100 МПа. При этом стенка была спроектирована из условия расчета балки с учетом неподвижности анкерных опор [4]. Вследствие этого стенка была признана аварийной. По рекомендации проф. Нерпина С.В. было произведено шнековое разрыхление грунта засыпки, позволившее благоприятно перераспределить усилия в тросах примерно на 30%. Тем не менее, неудачный опыт возведение указанной стенки при отсутствии надежной методики расчета двуханкерных стенок исключил их дальнейшее использование в проектной практике.

В начале 70-х годов прошлого века институт Гипроречтранс (Москва) разработал типовой проект железобетонной заанкерванной стенки с надстройкой [5]. В этом случае двуханкерная стенка разрезалась на две части. В расчетном отношении имеет место шарнирное соединение двух одноанкерных стенок, что давало проектировщикам ясную картину работы этой конструкции.

В конце 70-х годов прошлого века институт Союзморниипроект разработал рабочий документ графоаналитического расчета неразрезного двуханкерного больверка с учетом перемещения анкерных опор [6]. В этом случае двуханкерный больверк рассматривался как неразрезная балка на двух смещаемых опорах. Такой расчет более полно описывает работу сооружения, однако он страдает неопределенностью, поскольку действительные величины смещений анкерных узлов, как правило, не отвечают проектным. Тем не менее, была сделана попытка возродить незаслуженно забытую конструкцию.

Основная специфика работы двуханкерных стенок состоит в том, что их напряженно-деформированное состояние существенно зависит от перемещения анкерных опор. А это в свою очередь связано со способом производства работ. Для того чтобы усилия в верхнем анкере не превышали усилий в нижнем анкере необходима особая специфика возведения двуханкерных стенок. Для этой цели рассмотрим характер работы таких стенок. Для того, чтобы сделать натяжения анкеров отвечающими расчетной схеме, предлагается рассмотреть работу сооружения по расчетной схеме, приведенной на рис. 1. В расчетной схеме для упрощения не учитывается влияние податливости опор на изменение бокового давления на стенку. В рассматриваемом случае боковое давление на стенку равно активному

(Кулоновскому). На рис.1 показан характер изменения изгибающих моментов в стенке в зависимости от порядка перемещения опор.

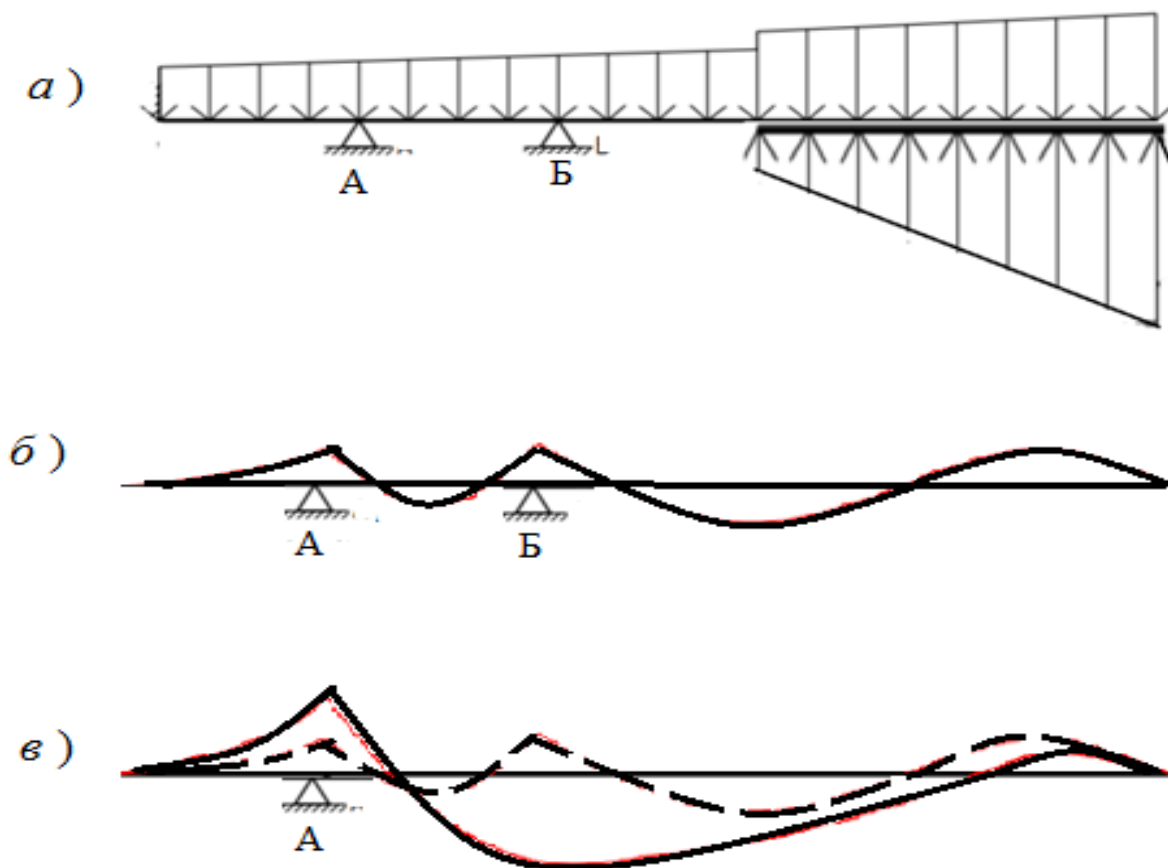


Рис. 1. Эпюры изгибающих моментов при крайних значениях податливости анкерных опор

Первоначальная методика графоаналитического расчета отвечала работе шпунтовой стенки на неподвижных двух опорах (рис. 1,а). Для этого на первом этапе определялась эпюра изгибающих моментов из условия защемления нижнего конца стенки. Далее находилось положение упругой линии стенки относительно сосредоточенных опор. Затем вводилось дополнительное смещение опор для учета изменения ее положения, отвечающей балке на неподвижных опорах (рис. 1,б). Такое условие не отвечает действительности.

Усилия в анкерных опорах, связаны с их перемещением, которые зависят от многих факторов. Смещение верхней опоры не влияет на перераспределение усилий в двухпролетной балке от действия постоянной нагрузки. Другое дело податливость нижней анкерной опоры. Усилие в ней меняется от максимального при неподвижной опоре до нулевого при значительных смещениях, исключающих опору из работы (рис. 1,в). Действительная величина смещения нижней опоры находится между двумя крайними значениями смещений.

Невозможно определить фактическую величину смещения анкерных опор, но создать условия, при которых усилия в них более или менее близки к расчетным возможно. Для этого надо изменить схему возведения сооружения: необходимо не выбирать слабины в верхней анкерной тяге при засыпке стенки. После возведения сооружения усилия в анкерах могут распределиться различным образом. Для создания в них напряжений близких к расчетным необходимо создать дополнительную податливость в верхних анкерах. Это

создает эффект разрыхления грунта в верхней области, аналогичный предложению Нерпина С.Н. С этой целью необходимо открутить верхние анкерные гайки на 2-3 нитки. Другой способ заключается в установке мягкой прокладки под гайкой анкерной плиты или анкерной стенки. При сверхрасчетных усилиях она будет уплотняться, создавая эффект перемещения опоры.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Смирнов Г.Н., Аристархов В.В., Левачев С.Н., Сидорова А.Г., Корчагин Е.А. Порты и портовые сооружения. М.: Изд-во АСВ, 2003, 463 с.
2. Кульмач П.П., Филиппенок В.З., Заритовский Н.Г. Морские гидротехнические сооружения. Ч. II, Причальные, шельфовые и берегоукрепительные сооружения. Л.: ЛВВИСУ, 1991, 391 с.
3. Коровкин В.С. и др. Гидротехнические сооружения морских портов. Под ред. Альхименко А.И. СПб.: Изд-во «Лань», 2014, 427 с.
4. Ляхницкий В.Е. и др. Портовые гидротехнические сооружения. Ч. 1, 1953, 624 с.
5. Гуревич В.Б. Речные портовые гидротехнические сооружения. М.: Транспорт, 1969, 415 с.
6. Руководство по проектированию глубоководных шпунтовых стенок с анкерровкой на разных уровнях. РТМ 31.3003-75. М.: Морфлот, 1978, 24 с.

УДК 627

В.В.Ефимова¹, А.В.Карелов¹, А.О.Синицын²

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²UNIS, Норвегия

ОСОБЕННОСТИ ЭРОЗИИ БЕРЕГОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ, ПЕЧОРСКОЕ МОРЕ

Наличие морских и береговых месторождений углеводородов в районе острова Варандей обуславливают его стратегическое значение для перевалки углеводородного сырья и доставки необходимых грузов для ведения добычи. Строительство в Арктических районах связано с множеством трудностей, в частности с наличием вечной мерзлоты в береговой зоне и наличием льда в море. Специфический вещественный состав грунтов, а также волновое, ледовое и тепловое воздействие воздуха приводят к эрозии берегов арктических морей. Для безопасной добычи и транспортировки углеводородов необходимо учитывать природные факторы исследуемого района. В практических условиях, вследствие технико-экономических соображений может возникнуть необходимость строительства сооружения (например, переход трубопровода на участке «море-суша», устье скважины для добычи полезных ископаемых, сооружения для хранения углеводородов) на нестабильных участках береговой линии. Именно в таких случаях вопрос исследования береговой эрозии является необходимым и важным для безопасного существования сооружения в течение заложенного срока службы [1].

Значительное количество осадочного материала поступает в Печорское море от абразии, в том числе от термоабразии. От разрушения берегов в Печорское море поступает около 1 млн. м³ песка и более крупного осадочного материала и около 0,5 млн. м³ алевроитово-глинистого материала. В сумме это соответствует примерно поступлению в море ежегодно около 2,5 млн. т. терригенного осадочного материала [7]. Рыхлые высокольдистые глинистые, суглинистые и песчаные мерзлые толщи, слагающие побережье на значительном протяжении, способствовали развитию термоабразионных берегов. Скорости отступления берегов составляют в среднем 1,8–2,0 м/год [4] к востоку от острова Варандей.

Несмотря на короткий динамически активный период, морфолитодинамические процессы в береговой зоне арктических морей отличаются высокими скоростями. Низкая устойчивость берегов обусловлена особенностями состава грунтов (дисперсионные породы с

высоким содержанием льда) и влиянием волнового воздействия. Механическое и тепловое воздействие волн называется термоабразией [8]. Динамика типичных термоабразионных берегов в общем виде определяется сочетанием и взаимодействием термического и волно-энергетического факторов, а важным связующим звеном является ледовитость акватории [5]. Термическое воздействие выражается в передаче энергии к мерзлым породам, слагающим берега, в результате контакта с воздухом и водой, температура которых выше 0°C [7]. Волно-энергетический фактор проявляется в прямом механическом воздействии морских волн на берега. Соответственно эффект влияния этого фактора определяется как интенсивностью, так и продолжительностью штормовых волнений. В свою очередь, интенсивность волнения, в значительной степени, зависит от длины разгона волн (местоположения границы распространения ледового покрова) и продолжительности динамически активного периода, когда акватория свободна ото льда [7].

Выделяют два типа берегов: берега, сложенные мерзлыми песчаными отложениями с низким содержанием льда и абразионно-термоденудационные берега [5]. Термоденудация – комплекс криогенных процессов разрушения пород и сноса продуктов этого разрушения в пониженные участки.

Первый тип. Рельеф, сложенный мерзлыми песчаными отложениями с небольшим содержанием льда является специфическим. Такой рельеф не подвержен термическим криогенным процессам. Основной причиной разрушения береговой зоны в данном случае является воздействие волн.

Огородовым С.А. [5] были проведены исследования о влиянии двух основных факторов на динамику берегов данного типа, а именно термического и волнового. Было выявлено, что основной причиной отступления береговой линии является механическое воздействие волн: «Сопоставление результатов расчета волновой энергии с данными по отступанию берегов подтвердили предположения о главенствующей роли волно-энергетического фактора в динамике берегов баров и кос, сложенных малоледистыми отложениями. Коэффициент корреляции высокий – 0,8, единственная проблема – короткий ряд ежегодных наблюдений за динамикой берегов», [5].

Второй тип. Данный тип имеет масштабное распространение в северных Арктических широтах. Такие берега зависят от термического воздействия со стороны атмосферы, и гидросферы, непрерывно взаимодействующие друг с другом. «Развитие термоденудационных процессов замедляется, если волны не удаляют продукты термоденудации, а волновой фактор не будет столь эффективно разрушать берег, если таковой находится в мерзлом, не подготовленном термоденудацией состоянии», [5].

Для выявления зависимостей динамики такого типа берегов от воздействующих на них факторов, Огородовым С.А. [5] был проведен ряд расчетов. В процессе исследования не было обнаружено зависимости между волновой энергией и температурным фактором. При сопоставлении результатов расчета с данными о динамике береговой линии, было обнаружено совпадение температурного и волно-энергетического максимумов, способствующих росту скоростей отступления берегов. И, наоборот, минимумы температурного и волно-энергетического показателей – наименьшей величине отступления берегов. Для определения совместного воздействия выше обозначенных факторов на динамику берегов, Огородовым С.А. [5] была проведена нормализация рядов по температуре и волновой энергии, а затем нормализованные значения сложили отдельно для каждого года, получив так называемый «термо-волно-энергетический» показатель. «Этот показатель сопоставлен с результатами наблюдений за динамикой берегов, коэффициент корреляции составил 0,6 (при стабильном вероятностном отклонении), что свидетельствует о высокой степени зависимости величин отступаний берегов от суммарного «температурно-волно-энергетического» эффекта», [5].

Основываясь на результатах исследований Огородова С.А. [5], можно сделать вывод о зависимости двух типов берегов от различных воздействующих факторов. Чем выше льдистость мерзлых грунтов, слагающих берега, тем большее влияние на них оказывает термический фактор, и соответственно чем ниже льдистость пород, тем более значительную роль в отступание берегов приобретает волно-энергетический фактор. Динамика типичного термоабразионного берега определяется не только термическим и волно-энергетическим показателями, но и их совместным воздействием на береговую линию [5].

Еще один существенный фактор, способствующий разрушению береговой линии – повышение уровня моря [3]. Согласно сценариям, рассмотренным Павлидисом Ю.А., «Наиболее вероятный рост уровня моря за XXI в. должен составить от 30 до 50 см, т.е. средняя скорость трансгрессии достигнет 4 мм/год. Регионально и, в частности, в южных районах Печорского моря, можно ожидать, что за счет тектонической составляющей относительные величины подъема уровня будут несколько выше», [6]. Однако, как показали результаты моделирования динамики берегов Печорского моря [2], при увеличении скорости подъема уровня от 3 до 10 мм/год величины отступления берегов с абразионными уступами практически не изменятся. Следовательно, динамика берегов в условиях изменения климата будет в большей мере определяться потенциальным увеличением совместного воздействия двух основных факторов береговой эрозии, температурного и волно-энергетического показателей [5].

«Береговая зона моря как область взаимодействия гидросферы, атмосферы и литосферы весьма динамична. Гидрометеорологические, в том числе литодинамические и ледовые процессы являются одними из главных факторов, определяющих выбор места и инженерных решений при строительстве объектов обустройства нефтегазового комплекса, как на акватории, так и на берегу», [5]. Поэтому при строительстве сооружений оценка береговой динамики является неотъемлемой частью проектирования. В связи с этим требуется проведение дальнейших исследований по оценке динамики берегов в районе острова Варандей. Предлагается использование эмпирического, аналитического и численного методов для прогнозирования эрозии берегов. Численное моделирование процессов переноса донных осадков может быть выполнено с помощью программного пакета Delft3D, который при моделировании транспорта наносов принимает во внимание, как воздействие течений, так и воздействие волнения. В заключительной части исследования будет произведено сопоставление результатов определенных различными методами, а также их сравнение с натурными данными.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Заносимость морских гидротехнических сооружений. Учебное пособие, СПбГТУ, 1996. 56 с.
2. Леонтьев И.О. Моделирование эволюции аккумулятивных берегов Баренцева и Карского морей // Геоморфология. 2002. №1. С. 56-64.
3. Леонтьев И.О. Моделирование эволюции берегов Российской Арктики // Океанология. 2004. Т. 44. № 3. С. 457-468.
4. Новиков В.Н., Федорова Е.В. Разрушение берегов в юго-восточной части Баренцева моря // Вестник МГУ Сер. 5. География. 1989. № 1. С. 64-68.
5. Огородов С.А. Роль морских льдов в динамике рельефа береговой зоны. М.: Изд-во Морского университета, 2011. – 129-149 стр.
6. Павлидис Ю.А. Возможные изменения уровня океана в начале третьего тысячелетия // Океанология. 2003. Т. 43. № 3. С. 441-446.
7. Павлидис Ю.А. и др. Печорское море: прошлое, настоящее и будущее. Океанология, 2007, том 47, № 6, с. 927-939.
8. Are F.E. Thermal abrasion of sea coasts. Polar geography and geology, 1988, Vol. 12, № 2, p. 87-158.

ПОДВОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫЕ ОБЪЕКТЫ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ

Многолетняя эксплуатация промышленных ядерных реакторов в США и СССР, а также военных атомных флотов привела к появлению большого количества техногенных радиоактивных веществ. В результате, затопление радиоактивных отходов в Мировом океане со второй половины 1940-х годов, как наименее дорогостоящая процедура, стало общепринятым для стран, развивающих мирное и военное использование ядерной энергии [1]. Проблемы экологической безопасности приобретают особое значение для арктического региона благодаря трем фундаментальным факторам: прогрессивно возрастающей экономической роли Арктики, связанной с открытыми огромными запасами углеводородного сырья, ожидаемой в обозримой перспективе существенной интенсификации внутрироссийских и межконтинентальных арктических транспортных коммуникаций, а также исключительной чувствительности природного ландшафта к антропогенным воздействиям [2]. Шельф Северного Ледовитого океана является крупнейшим нефтегазовым районом на Земле и содержит более 100 млрд. т условного топлива, в том числе 13,8 млрд. т нефти и 79,1 трлн. м³ газа [2]. В настоящее время радиоэкологическое воздействие затопленных и затонувших объектов на население прибрежных районов и окружающую среду не опасно и не ограничивает экономическую деятельность в регионе. Но отдельные из находящихся на дне арктических морей объекты представляют потенциальную радиационную угрозу.

Повышение экономической и политической роли Арктики сопровождается естественным интересом к состоянию подводных потенциально опасных объектов, находящихся на дне арктических морей. К потенциально опасным объектам в арктических морях России относятся затопленные и затонувшие атомные подводные лодки (АПЛ) с не выгруженным отработанным ядерным топливом (ОЯТ) на борту, затопленные аварийные реакторные отсеки атомных подводных лодок и ледоколов, высокоактивные твердые радиоактивные отходы (ТРО) в контейнерах и т.п. Необходима оценка воздействия источников радиоактивного загрязнения на окружающую среду, включающая не только получение и анализ результатов натурных измерений, но и долгосрочный прогноз с моделированием различных вариантов возможного возникновения чрезвычайных ситуаций [2]. Оценка опасности подводных потенциально опасных объектов, как правило, представляет собой крайне сложную задачу, требует значительных объемов уникальной, чаще всего отсутствующей, информации и использует нестандартные методы исследований, различные в каждом конкретном случае [3, 4]. Начиная с 2001 года, Министерством по чрезвычайным ситуациям проводится ежегодный мониторинг состояния этих объектов и исследование химического и радиационного загрязнения воды и донных осадков в местах затопления.

В настоящее время на дне морей Западной Арктики в совокупности находится около 18 тыс. ядерно- и радиационно-опасных объектов, которые в основном были затоплены в период холодной войны и содержат отходы от эксплуатации АПЛ Северного и ледокольного атомных флотов [2]. Прежде всего, это три АПЛ, одна из которых («К-27») была затоплена в 1981 г. в заливе Степового восточного побережья Новой Земли, две другие аварийно затонули – «К-278» («Комсомолец») в 1989 г. в Норвежском море и «К-159» в 2003 г. в Баренцевом море. Кроме того, в 1960-х годах в бухтах восточного побережья Новой Земли было затоплено пять реакторных отсеков с корабельными и судовыми ядерными

энергетическими установками, две из которых содержат отработавшее ядерное топливо и специальный контейнер с экранной сборкой, также с частью ОЯТ одного из реакторов ледокола «Ленин». В Новоземельской впадине Карского моря затоплена баржа с содержащим ОЯТ аварийным реактором, выгруженным из АПЛ заказа № 421 [5].

Одним из важных факторов, характеризующих радиационное состояние затопленных объектов с ОЯТ и ТРО, является показатель изменения суммарной активности во времени. Поскольку со времени затопления АПЛ и ТРО в некоторых случаях прошло от 30 до 50 лет, суммарная активность объектов в среднем снизилась в десятки раз. Характерно, что для всех типов затоплений наблюдалось резкое снижение активности в первые 10-20 лет в результате радиоактивного распада короткоживущих радионуклидов [2].

Многие контейнеры с ТРО уже давно потеряли герметичность в результате коррозии металлической оболочки, тогда как объекты с ОЯТ, а также РО без ОЯТ имеют практически полноценные защитные барьеры. В результате уменьшение удельной активности радионуклидов в морской воде в районах затопления ТРО, выходящих из контейнеров, происходит в большей степени не за счет радиоактивного распада, а в результате их переноса и диффузионного рассеяния. Соответственно объекты с ОЯТ в отдаленной перспективе (более чем через 100 лет) станут единственными потенциально опасными источниками радиоактивного загрязнения морской среды.

Наибольшую опасность представляют затопленные объекты, которые содержат ядерное топливо с массой, превышающей критическую, что теоретически при определенных условиях не исключает возможность возникновения самопроизвольной цепной реакции (СЦР) и поступления большого количества радионуклидов в окружающую среду. К таким ядерно-опасным объектам относятся три АПЛ и два реакторных отсека с ОЯТ, реактор АПЛ заказа № 421, а также специальный контейнер с частью ОЯТ реактора № 2 первой ядерной энергетической установки ОК-150 атомного ледокола «Ленин» [2].

Результаты многочисленных российских и международных морских экспедиций, проведенных в последние десятилетия в районах гибели АПЛ и затоплений РАО, показали, что реальная радиозэкологическая обстановка в них практически не отличается от фоновой. Содержание техногенных радионуклидов в морской воде, донных отложениях и гидробионтах Норвежского, Баренцева и Карского морей обусловлено глобальными выпадениями и сбросами жидких радиоактивных отходов с западноевропейских радиохимических заводов [2].

Одновременно следует воспринимать принципиально важное различие между ТРО и ОЯТ. Оно состоит в том, что активность затопленных ТРО относительно быстро снижается из-за радиоактивного распада, вследствие чего их потенциальная опасность в конце концов станет пренебрежимо малой. В противоположность этому для ОЯТ такое время наступит нескоро, а неизбежная деградация конструктивных элементов реактора (защитных барьеров ОЯТ) приведет к увеличению их потенциальной опасности, которая при чрезвычайных ситуациях гипотетически (наихудший вариант) может сопровождаться СЦР [6].

При анализе потенциальных радиозэкологических последствий, которые могут возникнуть в будущем, в первую очередь следует обратить внимание на объекты с ОЯТ, защитные барьеры которых по предварительным оценкам еще находятся в удовлетворительном состоянии, а также на затонувшие АПЛ «Комсомолец», «К-159» и затопленную «К-27». Они являются потенциально наиболее опасными источниками радиоактивного загрязнения морской среды, так как содержат большое количество продуктов деления и делящегося ядерного материала, бесконтрольное нахождение которого даже под водой в современных условиях не рекомендуется. В дальнейшем масштабы и последствия негативного проявления ядерных и радиационно-опасных объектов будут зависеть от состояния защитных барьеров, отделяющих радиоактивные вещества от окружающей среды, механизмов рассеяния радионуклидов в морской воде, процессов накопления их биотой и пр.

Отталкиваясь из угроз, ожидаемых от наиболее потенциально опасных затонувших и затопленных ЯРОО, имеющих технико-экономических возможностей и индивидуальных особенностей каждого объекта реабилитация морских акваторий может производиться следующими основными способами: оставление объекта на месте без изменений, дополнительная изоляция на месте или в прилегающем районе, подъем с последующей утилизацией в береговых условиях.

Для обоснования основных направлений дальнейшей деятельности по реабилитации арктических морей необходимы разработка сценариев развития процессов, влияющих на радиоэкологическую обстановку в данное время и прогноз на будущее. Требуется рассмотрение различных вариантов обращения с затонувшими и затопленными объектами с учетом радиоэкологических и экономических факторов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Саркисов А.А., Антипов С.В., Высоцкий В.Л. Приоритетные проекты программы реабилитации Арктических морей от радиационно-опасных объектов и необходимость международного сотрудничества. Материалы 26-го пленарного заседания КЭГ МАГАТЭ, Париж, 2012. 15 с.
2. Сивинцев Ю.В., Саркисов А.А., Высоцкий В.Л., Никитин В.С. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Радиоэкологические и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей. Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. М., 2015. 699 с.
3. Лисовский И.В. Подводные потенциально опасные объекты. Изд.: LAP LAMBERT, Saarbrücken, 2013. 247 с.
4. Лисовский И.В. Безопасность подводных потенциально опасных объектов в Российской Федерации. Морской вестник, №4, 2005. С. 63-64.
5. Сыч Ю.Г., Дубинко Л.В. Радиоэкологическая обстановка на архипелаге Новая Земля. Арктика: экология и экономика, № 1 (5), 2012. С. 48-59.
6. Антипов С.В., Высоцкий В.Л., Сивинцев Ю.В. Инженерно-радиационное обследование затопленных объектов – определяющее звено в разработке комплексной программы радиационной реабилитации арктических морей. Материалы КЭГ МАГАТЭ, Осло, 2011. 14 с.

УДК 627

А.В.Карелов, В.В.Ефимова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДЫ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ

На настоящий момент в России вовлечено в разработку свыше 75% разведанных на суше нефтегазовых месторождений, а их запасы освоены как минимум наполовину. Россия, обладающая богатейшими залежами углеводородов на шельфе, только начинает развивать морскую нефтегазодобывающую промышленность, в то время как удельный вес добычи морской нефти и газа в мире достигает 40%. По официальным оценкам потенциальные запасы шельфа РФ составляют 90 млрд. тонн условного топлива (13 млрд. т нефти и 52 трлн. кубометров газа) [1]. Поэтому перед российскими нефтегазовыми компаниями стоит задача в ближайшее время резко активизировать свою деятельность на шельфе. При эксплуатации морских месторождений одним из основных вопросов является выбор способа транспортировки добываемой продукции. Сегодня углеводороды транспортируют либо танкерами или газовозами, либо по трубопроводам. Предпочтение, по ряду причин, отдается трубопроводам: морской трубопровод, в отличие от танкера, дает возможность бесперебойной поставки углеводородов к берегу независимо от погодных условий. Трубопроводные системы транспорта природного газа, нефти и нефтепродуктов стали

важным регулятором экономики и государственной безопасности, важной составляющей международной политики [2].

Как следствие, возникает необходимость строительства морских трубопроводов, которые должны обеспечить создание надежных систем бесперебойной транспортировки сырья с мест добычи к потребителям, с минимальными потерями и защитой от загрязнения окружающей среды.

В целом строительство морских трубопроводов в районе Арктики требует решения комплекса проблем (технических, технологических, организационных) и связано со значительными трудностями, обусловленными природными условиями, удаленностью от промышленно развитых районов, отсутствием развитой инфраструктуры и жесткими экологическими требованиями [3,4]. Сложность природных условий является основным фактором, определяющим необходимость поиска новых технологий и методов строительства морских трубопроводов.

Одним из наиболее ответственных и трудоемких участков работ при строительстве морских трубопроводов является участок пересечения береговой линии. Проблема пересечения прибрежной полосы и береговой линии требует особого внимания при проектировании. Сложность задачи характеризуется взаимодействием геологических, гидродинамических и биологических факторов, сформировавших геоморфологию берега [5].

На участке пересечения береговой линии возможны следующие характерные особенности, которые необходимо учитывать при выборе метода пересечения береговой линии:

- Интенсивное волновое воздействие на участке.
- Размыв грунта на участке строительства (приливы, течения).
- Воздействие ледовой экзарации.
- Эрозия береговой зоны.
- Таяние вечной мерзлоты в береговой зоне от нагрева трубопровода.

Все эти особенности участка приводят в большинстве случаев к необходимости заглубления трубопровода на этом участке. Абразия берегов и экзарация дна относятся к категории наиболее опасных процессов применительно к объектам нефтегазотранспортной инфраструктуры. Вопрос определения величины заглубления трубопровода в грунт является весьма актуальным. Недооценка величин абразии берегов и экзарации дна может привести к повреждению инженерных сооружений, в тоже время излишнее заглубление объектов сильно увеличивает стоимость их строительства.

Лед, движимый ветрами, может напоздать на берег и нагромождаться на существенную высоту, сильно повреждая берег. Вечная мерзлота располагается близко ко дну, тепло от трубопровода передается вглубь морского дна и может вызвать протаивание грунта и существенные изгибные деформации [6]. Трубопровод чувствителен также к волнам и передвижению донных осадков, что осложняет проектирование подхода к берегу.

Все это означает, что трубопровод почти всегда должен быть сильно заглублен в прибрежной зоне – так, чтобы имелся достаточный слой грунта, защищающий его от повреждений и ледовых нагрузок. В этом случае он будет ниже границы вечной мерзлоты, по крайней мере, в части подхода к берегу, на берегу и, возможно, в мелководной зоне. Имеется обширная зона слабой вечной мерзлоты, ее температурное равновесие легко может быть нарушено даже небольшими изменениями в тепловом режиме. Возможно организовать эксплуатационный режим газопровода так, чтобы температура потока была близка к температуре окружающей вечной мерзлоты и не происходили ни морозное вспучивание, ни осадка, вызванная таянием [5].

В результате анализа переходов береговой линии в проектах морских трубопроводов выделены следующие основные методы пересечения береговой линии при строительстве морских трубопроводов [1]:

- Укладка трубопровода в предварительно подготовленную траншею в прибрежной зоне и на участке пересечения береговой линии.
- Использование метода наклонно направленного бурения.
- Использование метода туннелирования.

При использовании метода открытой траншеи трубопровод помещается в траншею, проложенную драглайном или экскаватором, затем траншея засыпается гравием или дроблеными скальными породами до её верха, насыпь армируется. В результате формируется насыпь щебня с трубопроводом под ним, которая должна противостоять воздействию волн и льда [5].

Метод наклонно направленного бурения применяется в случаях, когда геологические условия не позволяют эффективное проведение земляных работ. Этот метод позволяет пересекать отвесный берег, а также объекты на берегу. Пересечение береговой линии с применением метода наклонно направленного бурения характеризуется наименьшим ущербом окружающей среде по сравнению с методом открытой траншеи [1].

Пересечение береговой линии методом наклонно направленного бурения можно выполнить двумя способами: с выходом непосредственно в море или с выходом на берегу и последующей разработкой открытой траншеи в прибрежной зоне. Строительство прибрежных участков морских трубопроводов способом наклонно направленного бурения предпочтительно при обрывистых берегах, сильных течениях и значительных волновых воздействиях, когда устройство траншеи для заглубления трубопровода представляет большие сложности.

Пересечение береговой линии может быть произведено также способом микротоннелирования: сначала разрабатывается тоннель (от площадки на берегу в сторону моря), затем монтируется и протягивается защитный кожух, вслед за этим – собственно плеть трубопровода. Проход в грунте осуществляется при помощи проходческого щита, который двигает домкратная станция, устанавливаемая на глубине, необходимой для прокладки трубопровода. Технология микротоннелирования позволяет прокладывать трубопроводы в грунтах любой категории – от неустойчивых суглинков и водоносных песков до скальных пород [1].

Рассматривая существующие методы пересечения береговой линии, можно сделать вывод, что при выборе той или иной технологии необходимо использовать комплексный подход, который подразумевает анализ следующих факторов: требования по обеспечению безопасности трубопровода, природные условия строительства, экологические ограничения, уровень человеческой активности на берегу, а также сроки строительства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Васильев Г.Г., Горяинов Ю.А., Беспалов А.П. Сооружение морских трубопроводов. Учебное пособие для вузов. М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2015. 200 с.
2. Муравьева Л.В. Оценка опасности подводного трубопровода. Изд. «Мир науки», Москва. Журнал «Транспортные сооружения», Том 2, № 4, 2015. 8 с.
3. Самойлов Б.В., Ким Б.И., Зоненко В.И., Кленин В.И. Сооружение подводных трубопроводов. Учебное пособие для вузов. М.: Недра, 1995. 304 с.
4. Shkhinek K.N., Torum A., Jensen A. Engineering aspects related to arctic offshore developments. Student's book for institutes of Higher Education. St. Petersburg: Publisher LAN, 2006. 256 pp.
5. Золотухин А.Б., Гудмestad О.Т., Ермаков А.И. и др. Основы разработки шельфовых нефтегазовых месторождений и строительство морских сооружений в Арктике. Учебное пособие. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2000. 770 с.
6. Palmer A.C. Settlement of a pipeline on thawing permafrost. Transportation Engineering Journal, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, TE3, 1972. p. 477-491.

ПРОБЛЕМЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА НЕФТИ В АРКТИКЕ

Истощение ресурсов на материковой части Земли приводит к вынужденному перемещению нефтегазовой промышленности в Арктику. Все более пристальное внимание уделяется запасам, расположенным в этих труднодоступных регионах. Арктика представляет собой пространство с большими запасами природных ресурсов. Рост производства работ по разведке и добыче нефти в Арктике увеличивает вероятность разлива нефти с морских нефтедобывающих платформ, нефтяных разливов из трубопроводов, резервуаров для хранения нефтепродуктов, а также в результате операций по отгрузке нефти.

В данной статье рассматриваются случаи, когда особые арктические условия (отсутствие естественного освещения, предельно низкие температуры, дрейф льда, сильные ветры и плохая видимость) могут привести к значительной задержке реагирования в арктических морях. Задачей настоящей работы является ознакомление с основными составными элементами систем ликвидации нефтяных разливов, их сравнение, и формирование общего представления о том, каким образом воздействие окружающей среды может ограничить эффективность возможных мер ликвидации нефтяных разливов в условиях Арктики.

Арктические условия оказывают воздействие как на вероятность разлива нефти в результате нефтегазовой деятельности, так и на последствия такого разлива. Природные условия Арктики могут чрезвычайно затруднить операции по ликвидации разливов нефти или сделать их совершенно неэффективными. Поскольку климатические условия Арктического региона крайне суровые и характеризуются низкими температурами на протяжении почти всего года, процесс самоочистки моря и распада загрязняющих веществ будет проходить очень медленно.

Сложность проведения операций по сбору разлитой нефти определяется факторами, которые начинают действовать с самого момента разлива. В отличие от разлива на свободной поверхности, который, в большинстве случаев, представляет собой компактное образование и может быть визуально определен в светлое время суток, разлив подо льдом обнаружить очень трудно. Если линза нефти, находящейся под водой достаточно велика, толщина льда небольшая, сам лед трещиноватый, местонахождение линзы и ее перемещение могут быть определены по следам нефти, проступающих на поверхности льда. Параметры движения разлитой нефти подо льдом определяются следующими факторами [1]:

- скоростью и направлением течения воды;
- характеристиками нефти (плотность, вязкость);
- шероховатостью нижней поверхности льда.

Подо льдом нефть и нефтепродукты могут сохраняться продолжительное время. При этом нефть дрейфует вместе со льдом, либо перемещается относительно льда под действием течения. На скорость перемещения влияют скорость течения, неровности нижней поверхности льда, его рыхлость, а также плотность и вязкость нефти [2]. На поверхность льда нефть и нефтепродукты попадают либо непосредственно из источника разлива, либо проникают через поры и трещины рыхлого льда, либо выбрасываются на лед при раскачивании льдин относительно друг друга во время волнения. Процесс налипания резко прогрессирует при наличии на поверхности льда снежного покрова, с которым нефть образует вязкую кашу, что значительно осложняет процесс очистки и сбора нефти. С нижней

стороны льда происходит процесс образования нового льда, благодаря которому нефть и нефтепродукты могут вмерзать в ледяное поле [3].

В большинстве случаев арктические условия понижают результативность методов локализации и ликвидации разливов нефти, но в определенных случаях арктические условия могут быть и благоприятными для ликвидации нефтяных разливов [4].

Положительные факторы, способствующие проведению локализации разливов [3]:

- охлажденная нефть, имеющая более высокую вязкость, растекается медленнее;
- формирование твердого основания для ведения работ, снижение подвижности нефти;
- снег является эффективным сорбентом.

Отрицательные факторы:

- сбор нефти затруднен в связи с ростом степени опасности для персонала;
- в условиях битого льда появляются сложности при эксплуатации оборудования;
- труднодоступность районов, сложность доставки оборудования и персонала;
- вероятность повреждения бонов, судов, скиммеров ледяными полями.

Методы ликвидации нефтяных разливов в общем разделяются на три основных категории: механический сбор, когда нефть удерживается в зоне разлива с использованием боновых заграждений или в естественных ловушках и удаляется с помощью нефтесборщиков и насосов; немеханическое извлечение, когда применяются химические реагенты для противодействия разливу. Сжигание или биологическая очистка нефтяного загрязнения используются для разложения или рассеивания нефтяного пятна. И наконец, ручные методы, когда нефть удаляется с применением обычных ручных инструментов и способов, таких как ведра, лопаты или сети [4]. Выбор методов локализации и ликвидации разлива совершается, отталкиваясь от условий разлива и реальных возможностей, определяющихся существующими силами и средствами, а также местными условиями, связанными с разрешением применения сжигания, диспергаторов для защиты районов высокой экологической ценности [5, 6].

При механическом сборе боновые заграждения устанавливаются с судов или закрепляются на стационарных сооружениях, или фиксируются на берегу. Нефтесборщики порогового, вихревого и всасывающего принципов действия использовать в ледовых условиях можно в очень ограниченных случаях, когда имеются разводья, акватория чистой воды и соответствующие метеорологические условия. Лед свободно блокирует такие нефтесборные устройства, забивает приемный орган. В работах по локализации разлива нефти при наличии плавучего льда боновые заграждения используют для предотвращения попадания мелкобитого льда в район разлива нефти, а также для отгораживания загрязненной площади с целью изолирования нефти ото льда и удаления ее с помощью обычного оборудования [3].

Иногда сбор разлитой нефти в ледовых условиях (замазученные куски льда, ледяная шуга, перемешанная с плавающей нефтью) или вязкой нефти, потерявшей текучесть из-за низкой температуры воды и воздуха, возможен только грейфером, которым захватываются куски замазученного льда, ледяная шуга вместе с нефтью и грузятся в трюм.

При небольшой сплоченности лед мало воздействует на распространение нефти, и может использоваться технология, принимаемая при сжигании нефти на открытой воде: огнестойкие боновые заграждения, буксируемые судами.

Нефть, разлитая под сплошным морским льдом, растекается и заполняет неровности на внутренней стороне льда. Если лед находится в процессе образования, то нефть вмерзает в лед. Весной нефть поднимается по каналам во льду и скапливается на поверхности в проталины, в которых ее можно сжечь. Проталины формируются быстро и недолго существуют до момента, когда они соединятся и произойдет разрушение льда, поэтому сжигание нефти в проталинах должно происходить в короткие сроки [3].

Все методы ликвидации нефтяных разливов требуют непрерывного наблюдения за нефтяным разливом для установления его места, размера и состояния разлитой нефти, чтобы выбрать и применить соответствующее оборудование и тактику ликвидации. Организация доступа в зону нефтяного разлива часто является наибольшей проблемой, особенно в удаленных районах. Для всех систем ликвидации разливов критическое значение имеет время.

Арктические условия могут оказывать значительное влияние на эффективность систем механической очистки разлитой нефти, сжигания на месте и использования диспергирующих веществ (табл. 1).

Таблица 1

Воздействие арктических условий на выбор методов ликвидации разливов

Условия	Потенциальное воздействие на выбор мероприятий по ликвидации нефтяных разливов			
	Общие ограничения	Механическая очистка	Сжигание на месте	Диспергенты
Морской лед	Препятствие доступа к зоне разлива; затруднение мониторинга и обнаружение разлива нефти.	Возможные повреждения бонового заграждения, насосов и устройств сбора нефти; лед, как естественное заграждение для разлитой нефти.	Снижение эффективности сжигания нефти, затруднение ее воспламенения; лед, как естественное заграждение для разлитой нефти.	Нефть под льдом недостижима для применения диспергирующих веществ.
Ограниченная видимость	Затруднение отслеживания местонахождения разлива нефти; ограничение действия судов.	Затруднение развертывания и эксплуатации оборудования и техники.	Невозможность воздушного наблюдения и воспламенения с воздуха.	Необходимость визуального наблюдения.
Волнение моря	Воздействие на операции по ликвидации разлива нефти.	Усложнение задачи по удержанию бонового заграждения и судна в зоне позиционирования.	Усложнение локализацию разлива.	Повышение эффективности химических диспергаторов.
Низкая температура	Условия обледенения могут приводить к неустойчивости судов.	Обледенение устройств для сбора нефти; повышение вязкости нефти затрудняет ее извлечение.	Низкие температуры могут значительно затруднить воспламенение или сделать его неэффективным.	Низкие температуры и повышенная вязкость нефти могут снизить эффективность диспергирующих веществ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А.И. Аварийные разливы нефти в море и борьба с ними. СПб., 2004. 232 с.
2. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. Учебное пособие для вузов. СПб.: Издательство «Лань», 2003. 288с.
3. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. М.: Ин-октаво, 2005. 368 с.
4. Разливы нефти. Проблемы, связанные с ликвидацией последствий разливов нефти в арктических морях. Всемирный фонд дикой природы WWF. Nuka Research and Planning Group, LLC, 2011. 33 с.
5. Karl-Ulrich Evers. Assessment of oil spill response systems and methods for ice-covered waters in cold environment. 20th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, 2009. 817-827 с.
6. Sveinung Løset. Applied Sea Ice Research. 20th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, 2009.

МЕТОДЫ РАСЧЁТА ВЫСОКИХ СВАЙНЫХ РОСТВЕРКОВ И ИХ АНАЛИЗ

Метод расчёта гибкого свайного ростверка с использованием двух коэффициентов постели на ПК SCAD (В.С.Коровкин, 2002 г.) представляет расчет рамы на упруго защемленных и вертикально податливых опорах [1-2]. Данный метод учитывает деформационные свойства грунта путем введения двух коэффициентов постели.

Горизонтальный коэффициент используется при определении горизонтальных усилий $M_{изг}$, вертикальный коэффициент – при определении продольных сил N .

Горизонтальный коэффициент постели для шпунтовой стенки зависит от заглубления сечения, анизотропности и пластических свойств грунта. Для свай горизонтальный коэффициент учитывает влияние соседних свай, условия работы и рыхлость грунта. Эпюра коэффициента постели изменяется по линейной зависимости, с изломами на границах разных слоев грунта.

Расчетная схема высокого свайного ростверка представляется в виде рамы с жесткими заделками стоек вверху упруго защемленных в грунте, которые дополнительно вертикально проседают [3].

Метод Н.М. Герсевича (1912 г.) предусматривает расчёт гибкого свайного ростверка в виде рамы с абсолютно жестким ригелем на упругих опорах-сваях с жесткой нижней заделкой. Приравняв за неизвестные перемещения нижней грани ростверка (вертикальное, горизонтальное и ее поворот), Н.М. Герсевич получил три канонических уравнения метода деформаций. Их решение позволило перейти от перемещений ростверка к усилиям в сваях. Эти уравнения являются обычными условиями равновесия жесткого тела. Недостаток метода: указанный расчет не учитывает деформационных свойств грунта, кроме того вводится жесткая нижняя заделка свай.

Было предложено много методик расчёта в развитие метода Герсевича, тем не менее, основная идея жесткой заделки свайного основания в нижней части сохранялась, и по-прежнему не учитывались деформативные характеристики грунта [4].

Значения усилий и перемещений, полученных в результате расчёта свайного ростверка методом Герсевича, приведены ниже в сопоставительной таблице 1.

Метод расчета нежесткого ростверка был создан в эпоху отсутствия использования бетона в свайных конструкциях, которые имели деревянную надстройку ростверка и свайное деревянное основание. Усилия в сваях определяют из расчета двухопорных разрезных балок, без учета влияния жесткости ростверка и просадки свай. Лицевая стенка конструкции по схеме работы является тонкой стенкой, жестко заделанная сверху и внизу при достаточной глубине погружения. Расчёт такой стенки производится методом упругой линии для 1 пог. м сооружения. Некоторые особенности расчета сплошных стенок свайных набережных обусловлены наличием в сооружении ростверка и одиночных свай.

Отметим ошибочность определения изгибающего момента переднего шпунта свайного ростверка графоаналитическим методом.

Усилия в высоком свайном ростверке зависят от суммы местных и общих деформаций.

1. Местные деформации возникают от действия горизонтального давления и вызывают изгибающий момент, как правила, определяемый бездеформационным графоаналитическим методом.

2. Общие деформации обусловлены поворотом в сторону акватории всей конструкции свайного ростверка относительно нижней упругой заделки свай вследствие горизонтальных

нагрузок. Эти деформации вызывают дополнительные изгибающие моменты в верхней жесткой и нижней упруго защемленной опорах.

Расчет причальных конструкций в программных комплексах, использующих модель сплошной среды, позволил получить более полную картину работы сооружения в грунте. Однако модель сплошной среды разработана для конструкционных материалов, из-за чего расчет в программах не является строгим, так как дает приближенную картину поведения свайного основания в дискретной грунтовой среде. При этом требуется дополнительная проверка результатов расчета, вследствие широкого диапазона значений исходных данных.

Преимуществом метода расчета с использованием двух коэффициентов постели грунта, в отличие от метода Н.М. Герсегова, является введение жесткости грунта в виде коэффициентов постели, что позволяет определить действительный характер работы нижней части свай. При сравнении расчетов максимальное значение изгибающего момента в стенке ростверка, полученное с использованием коэффициентов постели, достигает 534,21 кН·м [5]. При этом максимальный момент развивается в сечении в середине пролета. В результате расчета с использованием жестких заделок на нижних концах свай максимальное значение наблюдается в заделке и превышает предыдущее значение: $M_y = 617,72$ кН·м.

Результат графоаналитического метода значительно отличается: $M_I = 154,89$ кН·м. Расчетное значение существенно занижено, поскольку защемление шпунта в действительности не реализуется и не учитывается дополнительный изгибающий момент, возникающий от поворота всей конструкции относительно упругого защемления.

Данные расчетов в табл. 1 показывают изменения усилий в элементах набережной в зависимости от способа закрепления её нижнего конца. Метод Герсегова можно рассматривать как частный случай метода двух коэффициентов, когда нижние концы свай забурены в скалу.

Таблица 1

Сопоставление значений усилий в сваях, изгибающих моментов и смещений конструкции

№№	Наименование усилий	Метод двух коэффициентов постели	Метод Герсегова	Нежесткий ростверк
1	Максимальный изгибающий момент в ригеле, кНм	190	235	—
2	Максимальный изгибающий момент в шпунте, кНм	534,21	617,72	154,89
3	Максимальные изгибающие моменты в сваях, кНм Первого ряда Второго ряда Третьего ряда	287,12 2,0 139,6	5,0 29,86 187,55	—
4	Продольные усилия в шпунте, сваях, кН Шпунт Первого ряда Второго ряда Третьего ряда	137 349 0,4 -87	13 249 617 -433	196,17 188,54 1444 -1272
5	Максимальное вертикальное смещение конструкции, см	1,06	0,63	—
6	Максимальное горизонтальное смещение конструкции, см	8,72	2,28	—

ЛИТЕРАТУРА:

1. Коровкин В.С. Универсальный метод расчета причальных набережных. Первая научно-практическая конференция «Морские и речные порты России», Москва. 2002 г, с. 103-105.
2. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. Вычислительный комплекс SCAD. М.: Изд-во СКАД СОФТ, 2007, 609 с.
3. Коровкин В. С. Гидротехнические сооружения водных путей, портов и континентального шельфа. Расчет разных типов причальных сооружений на статические нагрузки. учеб. пособие / В.С. Коровкин. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013, 70 с.
4. Ляхницкий В.Е., Смородинский Н.А., Штенцель В.К., Каган Я.Х., Ромашев Д.Г., Стрельчег М.М. Портовые гидротехнические сооружения. Часть I. Под общей редакцией В.Е. Ляхницкого. Л.: Изд-во Министерства морского и речного флота СССР, 1953, 627 с.
5. Качавская О.В. Причальная набережная в морском порту Певек [Электронный ресурс]: бакалаврская работа / О.В. Качавская; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт. Водохозяйственное и гидротехническое строительство. Электрон, текстовые дан. (1 файл: 2,95 МБ), Санкт-Петербург, 2015.

УДК 627

А.М.Кобринец, О.Н.Бабаевская, И.Н.Третьякова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСШИРЕНИЕ СЕЗОНА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЛУПОГРУЖНОЙ ПЛАВУЧЕЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ С УЧЕТОМ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ

Освоение шельфа арктических морей во многом определяет экономическое развитие России и является одной из приоритетных задач в нефтегазовой отрасли. На сегодняшний день стремительными темпами происходит освоение континентального шельфа северных морей России, важной особенностью которых являются ледовые условия [1].

Одним из перспективных типов платформ, предназначенных для освоения месторождений углеводородов в акваториях замерзающих морей, являются плавучие буровые установки, имеющие якорную систему удержания. Основным этапом освоения месторождений углеводородов является поисково-разведочное бурение. Для этих целей традиционно используют полупогружные буровые платформы (ППБУ).

Продолжительность сезона эксплуатации плавучей буровой установки в арктических морях России составляет в среднем 2-2,5 месяца, когда акватория свободна ото льда. Однако в настоящее время мировые лидеры нефтегазовой отрасли предпринимают попытки создания конструкции плавучей буровой установки, предназначенной для работы в суровых природно-климатических условиях с наличием льда в акватории, что подразумевает расширение сезона эксплуатации и, как следствие, повышение технико-экономической эффективности данной платформы. Эксплуатация плавучих платформ в ледовых условиях сопряжена с дополнительными рисками, которые могут привести к значительным материальным издержкам [2, 3]. Тем не менее, так как эксплуатация одного дня платформы в море имеет достаточно высокую себестоимость, расширение сезона эксплуатации сооружения за счет возможности удержания платформы на точке до определенного предела нагрузок в период воздействия на нее ледовых образований имеет большое значение.

Таким образом, при проектировании плавучей буровой установки, предназначенной для эксплуатации в арктических морях, следует обратить особое внимание на расчет ледовых нагрузок и на проектирование системы удержания, способной выдержать эти нагрузки.

Методологический расчет ледовых нагрузок может осуществляться в квазистатической или динамической постановке. При разработке проектов заякоренных сооружений особое внимание уделяется исследованию их динамических свойств.

На сегодняшний день в существующих нормативных документах представлены методики расчета ледовых нагрузок только на стационарные сооружения, а изучение динамики взаимодействия стационарных сооружений с ледовыми образованиями до сих пор не нашло должного развития в мировой практике. Еще менее изучены вопросы динамического взаимодействия льда с заякоренными плавучими сооружениями [4-6].

Основная отличительная особенность плавучих сооружений – их большая податливость, в связи с этим нагрузки являются результатом взаимодействия льда с движущимся объектом и должны рассматриваться в динамике. Другой отличительной особенностью данного типа платформ является необходимость определения не только самих нагрузок, но и знание реакций якорных систем удержания.

Для изучения динамических свойств заякоренных сооружений при воздействии льда в основном используются методы математического моделирования.

Группой научных сотрудников Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого был создан программный комплекс «Anchored Structures», являющийся в настоящее время единственным программным средством, сертифицированным Российским Морским регистром Судоходства и позволяющим комплексно моделировать все аспекты взаимодействия заякоренных сооружений с ледовыми образованиями [7,8].

С помощью описанного программного комплекса была изучена динамика взаимодействия ледовых образований (ровный лед и торосы) с морскими плавучими сооружениями. Данные сооружения представляют собой платформы типа SPAR и суда FPU, которые удерживаются в заданной точке акватории с помощью якорной системы, и имеют коническую форму.

В данной методике расчеты ледовые нагрузки представляются в виде ровного льда и киля тороса и рассчитываются независимо друг от друга. Движение ледового образования описывается путем задания его направления и скорости движения, а перемещение сооружения определяется с помощью дифференциальных уравнений его движения с учетом контактных сил. Нагрузки от киля тороса вычисляются по международным рекомендациям, а для расчета сил от ровного льда используется данная методика.

На рисунках 1 и 2 изображены последовательные этапы взаимодействия судна FPU конической формы с ровным и торосистым льдом [6].

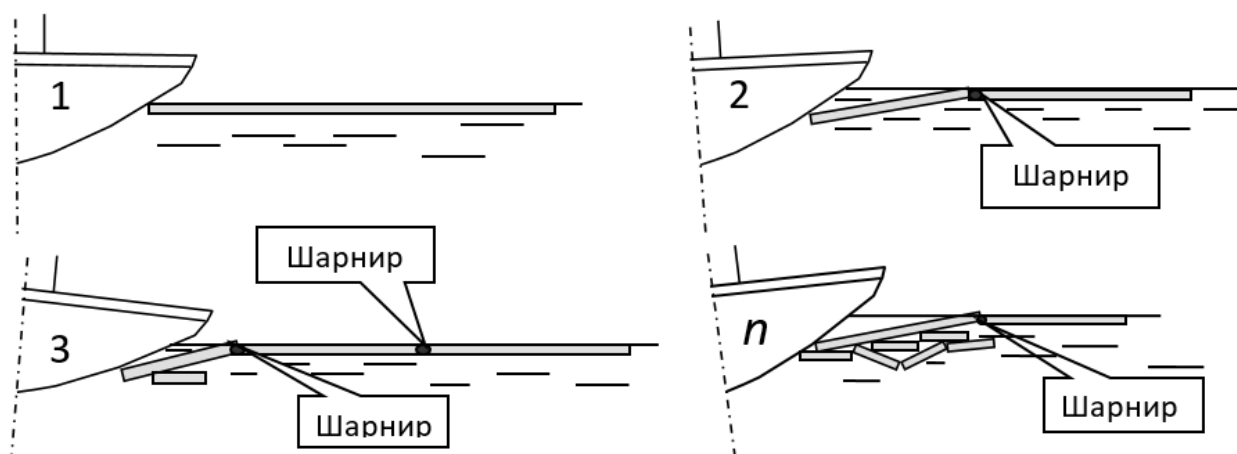


Рис. 1. Последовательные этапы взаимодействия платформы с ровным льдом

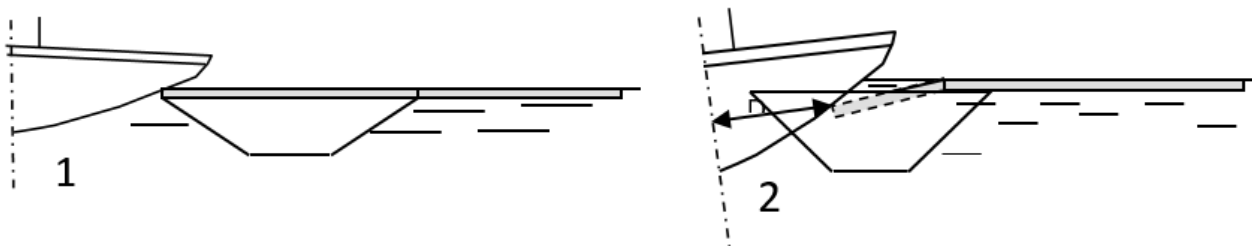


Рис. 2. Этапы взаимодействия платформы с торосистым льдом

На основе представленных фактов можно сделать вывод, что освоение Арктического шельфа является сложнейшей научно-технической задачей. Проблема расширения сезона эксплуатации заякоренных сооружений для разведочного бурения в ледовых условиях является актуальной и требует особого внимания.

На следующих этапах научно-исследовательской деятельности, на основе комплексного использования современных информационных технологий [9], предстоит выбор габаритов и основных характеристик конструкции полупогружной буровой установки, необходимых для дальнейшего расчета; проектирование и настройка системы удержания ледостойкой плавучей платформы, а также сбор данных и анализ внешних условий района строительства. Помимо этого, будет выполнено математическое моделирование поведения платформы при различных внешних условиях. Особое внимание будет уделяться динамике взаимодействия сооружения со льдом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Большев А.С., Шхинек К.Н., Филиповская Т.В. Гидротехнические сооружения на континентальном шельфе России. Гидротехника. XXI век. №4 (16) 2013 г., с. 48-56
2. Alhimenko A., Bolshev A., Yakovlev A., Klevanny K., Liukkonen S.B Modelling oil pollution under ice cover, Proceedings of the 1997 7th International Offshore and Polar Engineering Conference. Part 3 (of 4), United States. Honolulu, HI, USA, 1997. С. 594-601.
3. Альхименко А.И., Большев А.С., Шхинек К.Н., Клеванный К.А. Математическое моделирование распространения нефти в воде и ликвидации последствий разливов в ледовых условиях. Финский залив. Тезисы докладов международного научно-практического симпозиума. 1996. С. 59-60.
4. Bonnemaire B., Lundamo T., Shkhinek K., Bolshev A., Liferov P., Le Guennec S. Dynamic effects in the response of moored structures to ice ridge interactions. Proceedings of the International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, POAC, 2009, С. 1080-1094.
5. Bolshev A., Shkhinek K., Frolov S. Mathematical modelling of floating anchored objects behavior under ice influence. Proceedings of the 10th (2012) ISOPE Pacific/Asia Offshore Mechanics Symposium, PACOMS 2012, 2012. С. 68-72.
6. Шхинек К.Н., Балагура С.В., Большев А.С., Фролов С.А. Математическое моделирование взаимодействия ровного льда и торосов с заякоренными судами типа FPU и платформами типа SPAR. Научно-технический сборник РМРС, 2009.
7. Большев А.С., Фролов С.А., Кутейников М.А. Математическое моделирование поведения морских плавучих объектов в программном комплексе «Anchored Structures». Научно-технический сборник РМРС, вып. 36, 2013.
8. Большев А.С., Фролов С.А., Михаленко Е.Б. Математическое моделирование поведения морских плавучих сооружений// Труды СПбГПУ, изд. СПбГПУ, 2006, №502.
9. Альхименко А.И., Большев А.С., Ватин Н.И. Подготовка нового поколения инженеров-строителей. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2007. № 49. С. 74-79.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАЩИТЫ ОТ РАЗМЫВА ОСНОВАНИЙ
ШЕЛЬФОВЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ШПУНТОВЫХ ЗАГРАЖДЕНИЙ

Одной из главных проблем, возникающих при строительстве шельфовых сооружений, является защита грунтов основания от размыва. Общий размыв определяется по результатам натурных обследований (промеров) акватории в месте предполагаемого строительства сооружений [1]. Если величины местного сдвигающего давления и, соответственно, местные скорости становятся больше пороговых для начала движения наносов, размыв будет продолжаться до тех пор, пока сдвигающее давление внутри воронки размыва не станут опять меньше предельных значений. Воронки размыва будут быстро увеличиваться в размерах при воздействии потока с размывающими скоростями [1, 2].

Необходимость изучения проблемы местных размывов дна от течений и волн у морских нефтегазопромысловых сооружений возникла в связи с проектированием и строительством ледостойких гравитационных сооружений, которые характеризуются такими особенностями, как: мелководностью районов строительства, суровыми штормовыми условиями, большими поперечными размерами сооружений, вызывающими дифракцию волн, многообразием форм сооружений, характером сопряжения основания сооружения с дном [1-4].

Экспериментальные исследования модели буровой баржи при ее установке на дно проводились на испытательном стенде бассейна 23-го Государственного морского проектного института (филиал 31-й Государственного проектного института специального строительства). Воздействие потока образованного течением и регулярными волнами изучалось на испытательном участке с размерами $4,0 \times 4,0 \times 0,4$ м, заполненном мелкозернистым песком, средний диаметр которого составлял 0,22 мм [5-9]. На всем протяжении опытов выполнялись измерения с помощью ультразвуковой системы текущих значений размыва, иллюстрирующих его динамику.

Эксперименты по проверке эффективности способа защиты от местных размывов путем установки модели шпунтового ряда проводились при ориентации модели буровой баржи (рис. 1): кормой навстречу водному потоку (опыт 1) и левым бортом навстречу водному потоку (опыт 2).

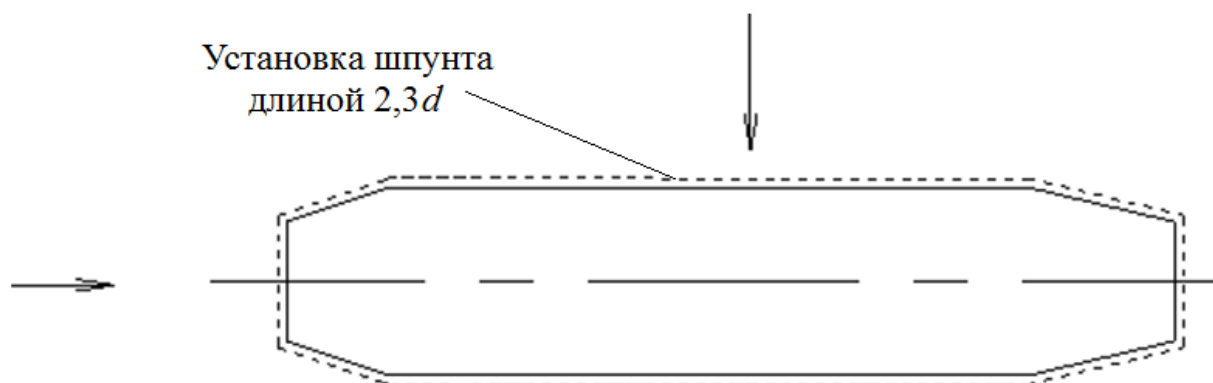


Рис. 1. Схема модели защиты от местных размывов основания буровой баржи путем установки шпунтового ряда

Модель шпунтового ряда устанавливалась на глубину 0,14 м от первоначальной плоскости дна по контуру модели буровой баржи в соответствии с рис. 1.

Параметры водного потока, воздействовавшего модель буровой баржи в опытах 1 и 2, приведены в таблице 1.

Таблица 1

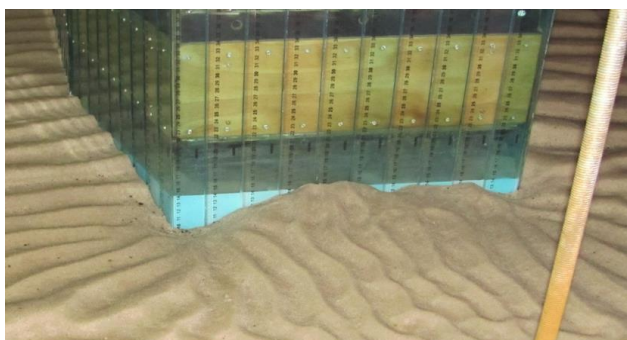
Значения параметров водного потока в экспериментах исследовании способа защиты от местных размывов в виде шпунтового ряда с использованием модели буровой баржи

№ эксперимента	Направление действия водного потока	Расход воды Q , м ³ /с	Глубина воды в месте установки модели d , м	Средняя скорость течения воды V , м/с	Период волны T_w , с	Высота волны h_w , м
1	На корму	0,134	0,174	0,124	1,3	0,06
2	На левый борт	0,137	0,175	0,126	1,3	0,061

В результате проведения опыта 1 было установлено, что при воздействии водного потока с параметрами, приведенными в табл. 1, перед шпунтовым рядом образовались четыре воронки местного размыва с вертикальной осью.

Две воронки местного размыва с вертикальной осью образовались перед шпунтовым рядом по углам пересечения частей шпунтового ряда, параллельных плоскости кормы и плоскостей сужающихся частей буровой баржи в кормовой части. Максимальная глубина размыва воронки, образовавшейся по правому борту, составляла 0,0865 м. Указанная воронка имела несколько неправильную форму. Ее диаметр менялся от 0,29 до 0,32 м. Шпунтовый ряд не препятствовал развитию этой воронки. Поэтому часть воронки располагалась перед шпунтовым рядом, а часть воронки за ним, в пределах наклонной части кормы буровой баржи, движение воды в пределах этой воронки осуществлялось против часовой стрелки. Со стороны левого борта, перед шпунтовым рядом, воронка с вертикальной осью имела максимальную глубину 0,0841 м. Она также имела несколько неправильную форму, при этом ее диаметр менялся от 0,30 до 0,38 м. Шпунтовый ряд также не препятствовал развитию этой воронки, и одна часть ее располагалась перед шпунтовым рядом, а другая располагалась за ним, движение воды способствующей образованию этой воронки происходило по часовой стрелке. Перед шпунтовым рядом в носовой части буровой баржи образовались также две воронки местного размыва: по правому борту с максимальной глубиной 0,04 м, а по левому борту с максимальной глубиной 0,015 м.

а)



б)



Рис. 2. Размыв у носовой части модели баржи после проведения опытов 1 (а) и 2 (б)

В результате проведения опыта 1 подмыв основания буровой баржи отсутствовал. В результате проведения опыта 5.2.6 с установкой модели шпунтового ряда было установлено, что при воздействии водного потока с параметрами, приведенными в таблице 1 по всему шпунтовому ряду, установленному вдоль левого борта за буровой баржи, наблюдался размыв разной интенсивности. Наибольшая воронка местного размыва с вертикальной осью с максимальной глубиной 0,128 м образовалась перед шпунтовым рядом со стороны левого борта баржи на вертикали пересечения плоскости кормы и сужающейся части. В результате образования этой воронки было подмыто основание в кормовой части буровой баржи площадью 0,089 м². Глубина подмыва была переменной с максимальной величиной 0,14 м.

Шпунтовый ряд, как и в опыте 1, не препятствовал развитию воронок с вертикальной осью, поэтому часть воронок располагалась перед шпунтовым рядом, а другая часть за ним. Вдоль правого борта буровой баржи наблюдалось только движение мелких песчаных волн.

Общая площадь подмыва основания буровой баржи в результате проведения опыта 2 составила 0,112 м², что составляет 9,5% от всей площади основания буровой баржи.

Таким образом, в пределах периметра перед шпунтовым рядом отсутствовали участки с подковообразными участками местного размыва, наблюдались только воронки с вертикальными осями в местах излома направления установки шпунтового ряда. Модель шпунтового ряда не препятствовала образованию воронок местного размыва, пересекающих ее плоскость.

Защита от местных размывов в виде установленного по периметру буровой баржи шпунтового ряда заданных параметров не вполне защитила основание буровой баржи от местных размывов. Как показал опыт 2, возможно возникновение подмывов основания буровой баржи в результате образования воронок местного размыва с вертикальной осью, пресекающих плоскость шпунтового ряда. Необходима дальнейшая работа по выбору более рациональной глубины погружения шпунтового ряда и использования более качественного моделирования шпунтового с обеспечением его грунтонепроницаемости. Также возможно использование шпунтового ряда совместно с каменной наброской в составе комбинированного способа защиты оснований от местных размывов.

Высказанные замечания могут быть устранены в процессе проведения дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев Н.Д. Защита оснований ледостойких платформ от размыва// Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. тр. 2009. Вып. 8. С. 228-236.
2. Беляев Н.Д. и др. Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа. Инженерно-строительный журнал. 2015. № 3 (55). С. 79-88.
3. Babchik D. et al. Experimental investigations of local scour caused by currents and regular waves near drilling barge foundations with cutout in stern // Volume 2. Book of Proceedings of 5th International Conference "Coastlab14". Varna, Bulgaria. Pp. 114-124.
4. EM 1110-2-1100. Coastal Engineering Manual – Part VI. CECW-CE. VI-5-6. Scour and Scour Protection / US Army Corps of Engineers.
5. Беляев Н.Д. и др. Экспериментальные исследования воздействия волн типа цунами на грунт у оснований морских гравитационных платформ // Инженерно-строительный журнал. 2014. №6(50), с. 4–12.
6. Shchemelinin L.G. et al. Experimental studies regarding the efficiency of sea bed soil protection near offshore structures. Proceedings of the ISOPE. 2014. TPC-0320. Pp. 625-631.
7. Щемелинин Д.И. Защита мобильных буровых платформ от размыва. Сборник докладов молодежной НПК в рамках Недели науки СПбПУ, Инженерно-Строительный Институт, СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. с. 15-17.
8. Semenov K.K. et al. Impact of waves and currents on the soil near gravity-type offshore platform foundation: numerical and experimental studies. Proceedings of the ISOPE Conference 2015. Pp. 807-814.
9. Gaydarov N.A. et al. Numerical and experimental studies of soil scour caused by currents near foundations of gravity-type platforms. Proceedings of the 2014 International Conference on Civil Engineering, Energy and Environment (CEEE 2014) 2014. Pp. 190-196.

СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ РИФОВ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИИ ВОДОЁМОВ И БЕРЕГОЗАЩИТЫ

Финский залив – залив в восточной части Балтийского моря. В водах Финского залива водится много рыбы, которая вылавливается как в промышленных масштабах, так и любителями рыбалки. Также залив выполняет рекреационную функцию.

На данный момент существуют две проблемы, которые необходимо решить в ближайшем будущем, чтобы избежать экономической и экологической катастрофы.

Первая проблема связана с тем, что после строительства защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений ускорилась эрозия береговой линии Финского залива. Это сильно повлияло на рекреационные зоны и пляжи, расположенные вдоль береговой линии залива.

Вторая проблема заключается в необратимом изменении видового состава флоры и фауны и обеднении рыбных запасов Финского залива [<http://allrefs.net/c54/3zocn/p22/1>].

Для решения данной проблемы было предложено использовать искусственные рифы как в качестве активных берегозащитных сооружений для восстановления пляжей [2], так и в качестве основы для создания новой подводной экосистемы.

Прибрежные города и курорты Зеленогорск, Сестрорецк, Комарово, Репино, Петергоф и Ломоносов страдают от постоянного размыва берегов – эрозии прибрежных территорий. Скорость отступления пляжа зависит от силы ветра, волновой и оползневой эрозии. На некоторых участках скорость размыва достигает 2 м в год. Размывы представляют опасность не только для пляжей и лесов, но и для инфраструктурных объектов – дорог и зданий.

Поэтому Финский залив срочно нуждается в берегоукреплении: если не провести берегоукрепительные работы к 2025 году Петербург потеряет до 3,5 тысяч га пляжей и земель [3].

Берегозащитный эффект восстановления пляжей достигается за счет создания на удалении от берега продольной конструкции, над которой происходит обрушение волны и гашение ее разрушающей энергии. Таким образом, линия обрушения волн отодвигается с пляжа на некоторое расстояние в сторону водной акватории. Одновременно на пляже происходит накопление пляжеобразующего материала за счет замедления скорости его вдольберегового переноса [4, 5].

Главный принцип строительства искусственных рифов – все конструкции рифа должны быть эстетичны, а срок службы – не менее 50-100 лет. Материалом с наиболее длительным сроком службы является бетон: до 500 лет [6].

Искусственные рифы широко применяются в мире для экологических целей: восстановления местообитания подводных жителей, сохранения биоразнообразия, возрождения рыбных запасов, развития подводного эко-туризма и рыбалки.

Актуальным является вопрос об оптимальном варианте подводных построек, недорогих, легких в монтаже и долговечных, а главное – экологически чистых.

На протяжении последних лет были попытки использовать разные материалы для создания искусственных рифов. На дно морей сбрасывали танки, автомобили, списанные вагоны, негодные покрышки. Списанный материал доступен, заодно решается вопрос утилизации. Но некоторые материалы могут выделять в водной среде вредные химические соединения, как, например, покрышки. Так же они в большинстве своем легкие, что при доставке до места сброса возможен отрыв от груза или сетки, и покрышки выбрасывает на берег, что приводит к загрязнению береговой линии. И все же главным недостатком покрышек является выделение в воду неразлагающихся вредных веществ. Бурный рост

водорослей на покрывных рифах как раз и есть следствие выделения этих химикатов. Далее водоросли накапливают яды и рыбы, живущие на рифах, поедают их. В результате в мясе рыб концентрация вредных веществ увеличивается до такой степени, что некоторые виды гибнут косяками. Выжившая рыба может быть выловлена и употреблена в пищу, что приведёт к плачевным последствиям [7].

Как показала практика, идеальным материалом для строительства подводных рифов в целях создания экосистемы и улучшения экологической обстановки водоёма был признан обыкновенный бетон, так как он не выделяет в воду вредных веществ и имеет длительный срок службы по сравнению с остальными материалами. Необходимо контролировать применение качественного бетона и специальных добавок, делающих конструкции для рифа максимально приближенными к воде залива по показателю pH.

Существует технология минерального наращивания, обусловленная пропусканием постоянного тока в 3-6 В через каркас или сетку на дне водоёма. Вследствие этого быстрыми темпами осаждается известковый материал, что приводит к увеличению скорости образования новой экосистемы в пределах искусственного рифа.

Воспроизводство естественных сообществ водорослей и животных, нерестилищ, организация пространства обитания гидробионтов, экологическая и рыбохозяйственная мелиорация пресных и морских вод, ускорение процессов биоочистки, увеличение биотопического разнообразия, любительское рыболовство и промышленная добыча рыб и беспозвоночных вот далеко не полный перечень задач, решаемых с помощью внедрения искусственных рифов [8].

Необходимо ещё раз подчеркнуть, что основная задача – создание искусственного рифа, который одновременно выполнял бы функцию проницаемого волнолома и среды обитания для морских организмов.

Для создания нового типа искусственного рифа было предложено объединить и скорректировать уже существующие конструкции для искусственных рифов:

- 1) конструкцию из нескольких проницаемых бетонных модулей, которые выполнены в форме равносторонней четырехгранной усеченной пирамиды рамной конструкции [9];
- 2) искусственные рифы Reef Ball, которые по форме похожи на вытянутые полусферы с круглыми отверстиями по периметру.

Комбинированная конструкция состоит из трех основных элементов: основания рифа, каркасной бетонной конструкции в виде усечённых конусов и полых бетонных сфер с отверстиями, прикреплённых внутри каждой пирамиды с помощью диагональной балки.

Неподвижность нижнего основания из бетонных плит обеспечивается стационарным якорным зацеплением с донным грунтом, которое содержит, по крайней мере, два якоря, соединенные с тросом, охватывающим искусственный риф в поперечном направлении к направлению движения волны с возможностью его натяжения винтовыми талрепами. В середине каждой плиты вырезано квадратное отверстие, по размерам равное площади верхнего основания усечённой пирамиды без учёта площади, занимаемой бетонной балкой каркаса пирамиды.

В отверстия на бетонных основаниях устанавливаются усечённые пирамиды, которые имеют на углах нижних граней прямоугольные опоры для фиксации, площадь сечения которых равна четверти площади отверстия плиты в основании конструкции, т.е. в одном отверстии основания могут быть зафиксированы четыре опоры. Сами усечённые пирамиды – равносторонние четырёхгранные рамные конструкции, выполненные из бетона.

Внутрь каждой усечённой пирамиды помещается сфера с отверстиями по периметру. Сфера закрепляется с помощью балки, которую закрепляют на рамочном каркасе каждой усечённой пирамиды (рис. 1).

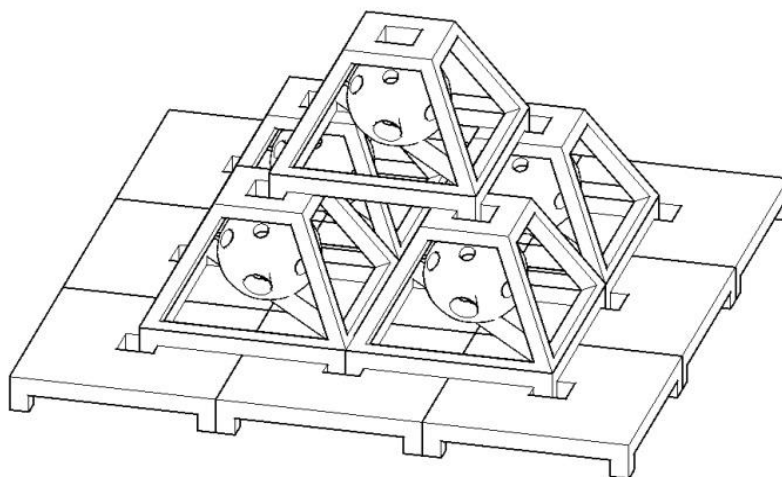


Рис. 1. Конструкция искусственного рифа

В зависимости от глубины акватории и места установки конструкция может иметь как один ярус бетонных рамочных каркасов со сферой внутри, так и несколько, поскольку верхнее основание усечённой пирамиды также может служить для крепления опор следующего яруса. Описанная выше конструкция не препятствует прохождению сквозь неё водных потоков, что исключает заиливание водной территории со стороны берега. Тем не менее, данная конструкция частично гасит энергию волн, и, следовательно, разрушение пляжа переходит в постепенное накопление естественного грунта на побережье и восстановление размывтой территории.

Сложная форма конструкции, в частности полые бетонные сферы с отверстиями, обеспечивает убежищами морских обитателей, что ведёт к восстановлению биоразнообразия акватории и улучшению экологической ситуации в целом.

Представленное в данной работе берегозащитное сооружение может быть использовано в мелководных зонах в качестве механического стимулятора развития биоценоза и в качестве волнолома для предотвращения размывающего действия волн на береговые сооружения и пляжи.

Данная конструкция искусственного рифа может помочь решить некоторые проблемы Финского залива при размещении искусственных рифов на расстоянии 60-80 м от берега и глубине 3-4 м.

Полученные на сегодняшний день результаты показывают, что прибрежные искусственные рифы, кроме укрепления берегов и сохранения пляжных зон, обеспечивают морским жителям места для кормежки, размножения и защиты от врагов.

За счет увеличения популяции обитателей залива может быть решена проблема массового цветения сине-зелёных водорослей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://allrefs.net/c54/3zocn/p22/>
2. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений // СПб.: Изд-во Лань, 2004.
3. <http://www.fontanka.ru/2016/05/17/105/>
4. <http://reefball.ru/beregozaschita/index.html>
5. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Заносимость морских гидротехнических сооружений. Учебное пособие, СПбГТУ, 1996. 56 с.
6. http://www.artificialreefs.ru/press/krymskie_izvestiya2005.html
7. <http://www.artificialreefs.ru/press/rasskaz05.html>
8. Павлов М.А., Владовская С.А. Искусственные рифы как одно из направлений развития марикультуры // Рыб. хоз-во. 1985. № 12. С. 33-35.
9. <http://www.findpatent.ru/patent/231/2314386.html>

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА НА ОПОРЫ НЕФТЕПИРСА

Ледовые нагрузки и воздействия могут быть очень опасны, в особенности для гидротехнических сооружений [1-5]. Одним из таких неблагоприятных воздействий являются нагрузки примерзшего льда к опорам эстакадных сооружений при подъеме уровня воды. В результате при подъеме зимне-весеннего уровня воды может происходить выдергивание свай.

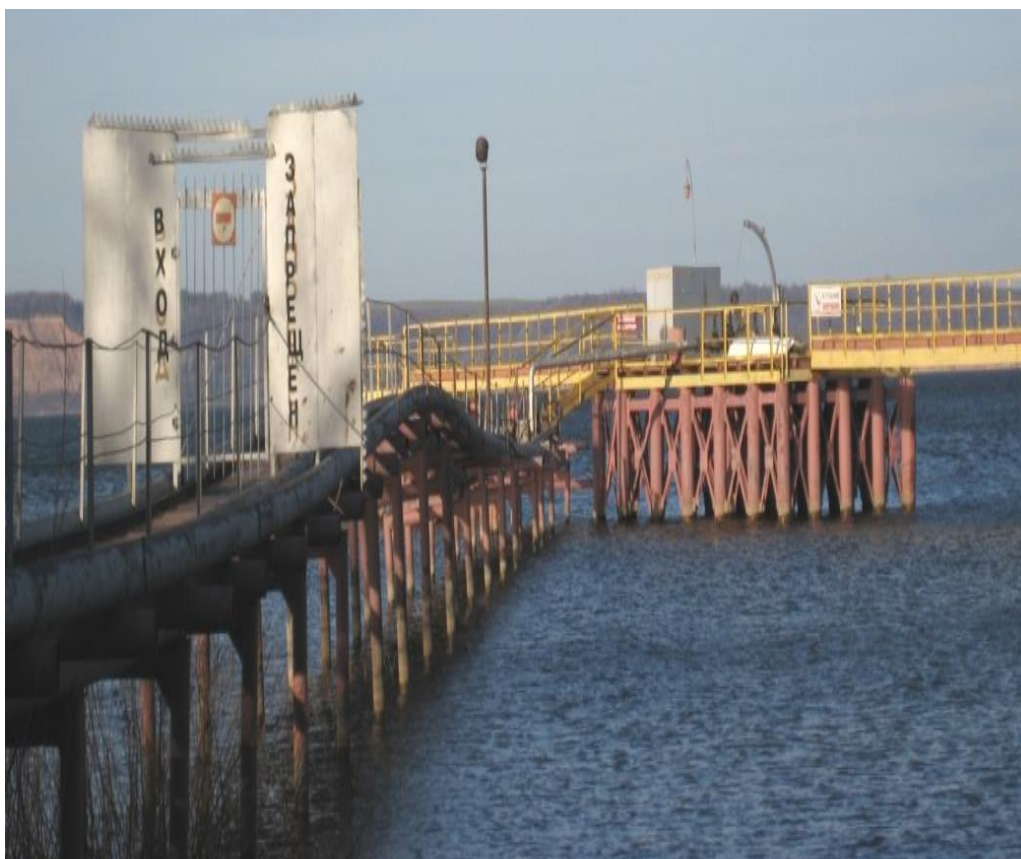


Рис. 1. Подъем недостаточно погруженных труб участка нефтепирса от воздействия примерзшего к ним ледяного покрова при изменении горизонта воды в весенний период

На рис. 1 показан подъем недостаточно заглубленного участка трубопровода нефтепирса на свайном основании. Трубопровод включает семь рядов металлических труб диаметром 426×7 мм с шагом по длине мостика 5,0 м по три трубы в каждом поперечном ряду. Каждые два ряда свайного основания обвязаны сверху горизонтальными трубами того же диаметра.

Основным рассчитываемым показателем является максимальная вертикальная сила $F_{d,p}$, действующая на одну опору при подъеме уровня воды. При этом необходимо знать диаметр рассматриваемой трубы, а также максимальную толщину льда. На рис. 2 представлена схема процесса, происходящего при рассматриваемых условиях.

Пользуясь СНиП 2.06.04-82 определим максимальную вертикальную силу $F_{d,p}$, действующую на отдельно стоящую опору сооружения от примерзшего к ней ледяного покрова при подъема уровня воды [6].

$$F_{d,p} = k_f R_f h_{\max}^2,$$

где $k_f = 0,6 + 0,15 \frac{D}{h_{\max}}$; D – диаметр рассчитываемой опоры равный 426 мм для рассчитываемого объекта; R_f – прочностная характеристика льда при изгибе; $h_{\max}$ – максимальная толщина ледяного покрова обеспеченностью 1% ($h_{\max} = 1$ м для рассчитываемого объекта).

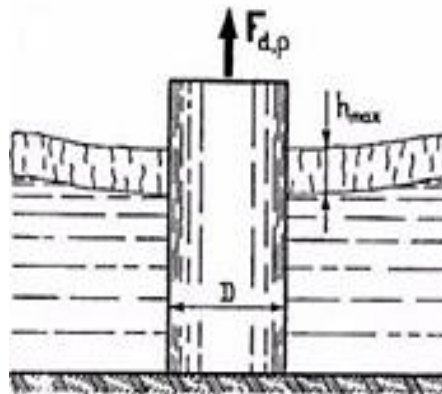


Рис. 2. Схема «выдергивания» трубы под действием силы примерзшего к опоре льда при изменении уровня воды.

Прочностная характеристика льда при изгибе R_f равна:

$$R_f = 0,4(C_b + D_b),$$

где C_b и D_b – среднее арифметическое значение максимального предела прочности льда при одноосном сжатии, МПа, в нижнем слое рассматриваемого ледяного поля при температуре t_b и доверительная граница случайной погрешности определений C_b , МПа.

Полученные результаты при трех разных значениях отрицательных температур сведены в сводную таблицу (табл. 1).

Таблица 1

Результаты расчета вертикальной, силы действующей на трубу при толщине льда 1 м

Тип кристаллической структуры пресноводного льда	Температура льда в нижнем слое ледяного поля $t_b^{\circ}\text{C}$			
	0	-3	-15	-30
	Значения вертикальной силы $F_{d,p}$, МН			
Зернистый (снежный)	0,35	0,88	1,41	1,65
Призматический (столбчатый)	0,45	1,01	1,51	1,86
Волокнистый (шерстовато-игольчатый)	0,24	0,58	0,93	1,12

Проверим несущую способность одной трубы $d = 426$ мм на выдергивание. Расчет выполнен согласно СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты». Основной вид грунта основания – мелкозернистый песок, глубина погружения трубы-оболочки 4 м.

Несущая способность трубы F_d на выдергивание рассчитывается по выражению:

$$F_d = \gamma_c u \sum \gamma_{cf} f_i h_i,$$

где γ_c – коэффициент условия работы сваи в грунте. $\gamma_c = 1$; u – наружный периметр поперечного сечения сваи; γ_{cf} – коэффициент условия работы грунта на боковой поверхности сваи, учитывающий влияние способа погружения сваи на расчетные сопротивления грунта. Примем $\gamma_{cf} = 0,9$; f_i – расчетное сопротивление на боковой поверхности (табл. 2 СНиП 2.02.03-85).

Принимая грунт основания в виде мелкозернистого песка получим предельную силу выдергивания $F_d = 0,3$ МН, при длине сваи, погруженной на глубину 4 м. Несмотря на занижение выдергивающей нагрузки в 2-3 раза при расчетах по СНиП 2.02.03-85, принятая глубина погружения трубы 4 м явно недостаточна для ее устойчивости при подъеме горизонта воды с ледовым покровом. Поврежденный участок трубопровода указывает на недобивку труб до проектной отметки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Gudmestad O.T. et al. Engineering aspects related to Arctic offshore developments. Publisher «LAN», 2007, 256 p.
2. Кульмач П.П. Морские сооружения для освоения полярного шельфа. М.: 26 ЦНИИ МО РФ, 1999, 336 с.
3. Методические указания по эксплуатации причальных сооружений в суровых климатических условиях. Изд-во «Транспорт», 1987, 16 с.
4. Симаков Г.В., Шхинек К.Н. и др. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе. Л.: Судостроение, 1989, 328 с.
5. Коровкин В.С. и др. Гидротехнические сооружения морских портов. Под ред. Альхименко А.И. СПб.: Изд-во «Лань» 2014, 427 с.
6. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. М.: Минрегион России, 2011.

УДК 627

А.Д.Кузина, К.Г.Рагулин, В.С.Коровкин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

БОКОВОЕ ДАВЛЕНИЕ ГРУНТА НА СТЕНКУ ПРИ НАЛИЧИИ НАКЛОННОГО ЭКРАННОГО РЯДА СВАЙ

Принято, что в экранированном больверке или свайном ростверке между сваями продольного ряда за счет трения грунта о них образуются грунтовые своды (рис. 1,а) [1-2], которые для упрощения заменяются зубчатой поверхностью (рис. 1,б). Эти своды воспринимают боковое давление грунта, расположенного позади них, и передают его на передние сваи [3-4].

Грунт засыпки между шпунтовой стенкой и экранирующей плоскостью находится в условиях, аналогичных состоянию сыпучего тела в плоском силосе. В графическом расчете силосного давления из точки пересечения экранирующей плоскости с ростверком D проводится (под углом $45^\circ - 0,5 \cdot \varphi$ к вертикали) линия обрушения грунта DB до пересечения с расчетной плоскостью стенки (рис. 1,а). Давление грунта на участке AB стенки нарастает по линейному закону, а ниже этого участка остается постоянным.

Для пояснения предлагаемого выше решения рассмотрим наличие свайного ряда в призме обрушения грунта (рис. 1,б). Из рисунка 1,б видно, что наличие свайной экранной стенки уменьшает площадь сползаемого клина обрушения GCE на величину ABE . Следовательно, эпюра бокового давления на стенку CGD срезается эпюрой ABD и принимает вид CAE .

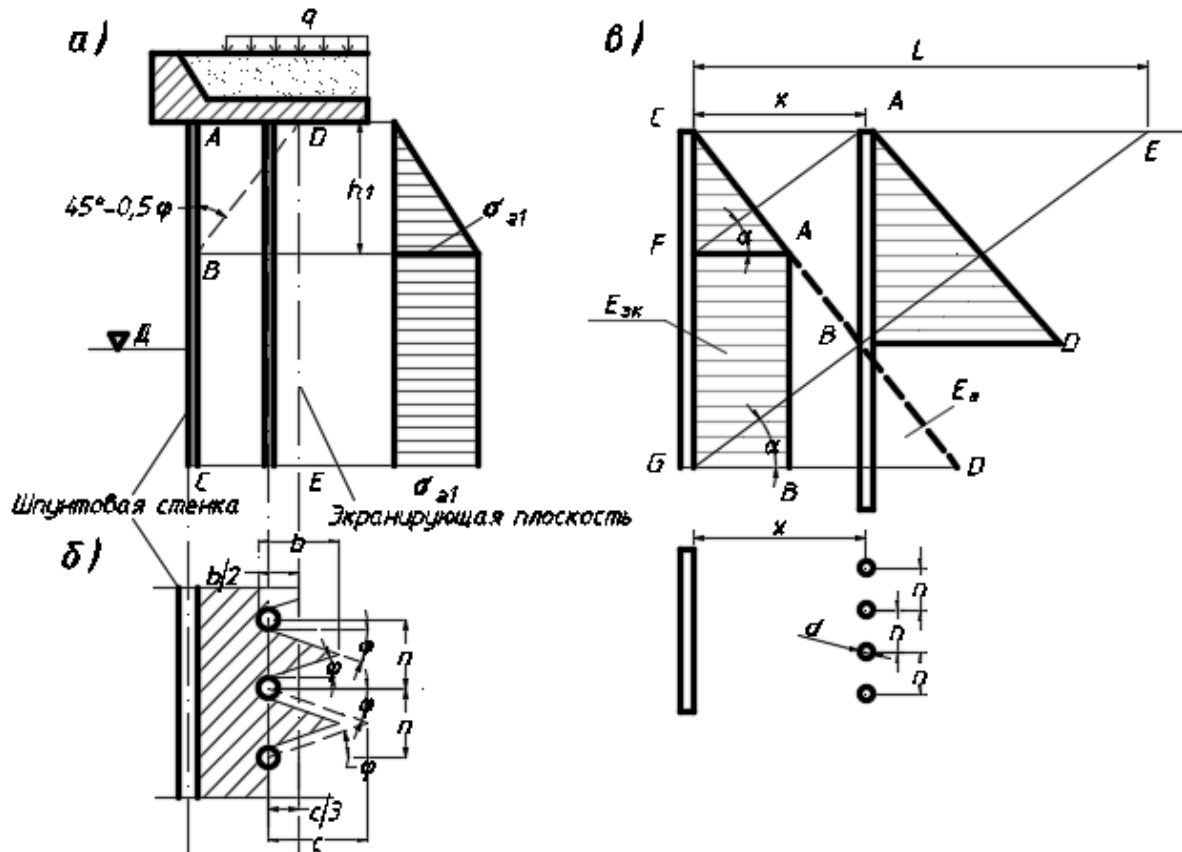


Рис. 1. Продольный (а) и поперечный (б) разрез экранированной стенки.
Схема построения эпюры силосного давления грунта на лицевую стенку (в)

Практический интерес представляет определение бокового давления на стенку в так называемом условном силосе или силосе неправильной формы, который имеет место в зоне I башлерка, заанкерowanego наклонным рядом свай.

Существующее решение определения бокового давления грунта в зоне I (Будин А.Я., 1982 г.) основано на теории предельного равновесия сыпучих и связно-сыпучих сред, учитывающем криволинейность поверхностей обрушения и выпирания [5]. Решением является приближенное численное вычисление исходных уравнений предельного равновесия [6] с учетом граничных условий, которое позволяет определить напряжения и линии скольжения [7]. Указанное решение достаточно трудоемко и громоздко.

Используя аналогию решения для обычного силоса, указанного выше, определение бокового давления в условном силосе не представляет затруднений.

Боковое давление в точке 2, определенной под углом $45^\circ - 0.5\varphi$ к вертикали, из начала экранирующей плоскости свай равно (рис. 2,а):

$$\sigma_{2\text{усил}} = \gamma h_{1-2} \lambda_a,$$

где $\sigma_{2\text{усил}}$ – боковое давление грунта в точке 2; γ – плотность грунта засыпки; h_{1-2} – высота грунтового слоя между точками 1 и 2; λ_a – коэффициент активного давления засыпки.

Боковое давление на участке стенки 1–3 зоны I представляет собой давление клина сползания 1–3–9, уменьшенное клином сползания 9–11–12 за счет наклонного свайного ряда, поэтому боковое давление в граничной точке 3 – это разность активных давлений от высот между точками 1–3 и 10–11 без учета вышележащей нагрузки (рис. 2,а):

$$\begin{aligned} \sigma_{3\text{сил}} &= \sigma_3 - \sigma_2 = \sum(\gamma_i h_{1-3}) \lambda_{a1} - \gamma_1 h_{10-11} \lambda_{aa1}; \\ \sigma'_{3\text{сил}} &= \sigma'_3 - \sigma_2 = \sum(\gamma_i h_{1-3}) \lambda_{a2} - \gamma_1 h_{1-2} \lambda_{aa2}, \end{aligned}$$

где σ_2 , σ_3 – активное давление в точках 2 и 3 соответственно, считая поверхностью линию 1–7; λ_{a1} , λ_{a2} , λ_{aa1} , λ_{aa2} – коэффициенты активного давления засыпки и основания для вертикальной и наклонной стенок соответственно.

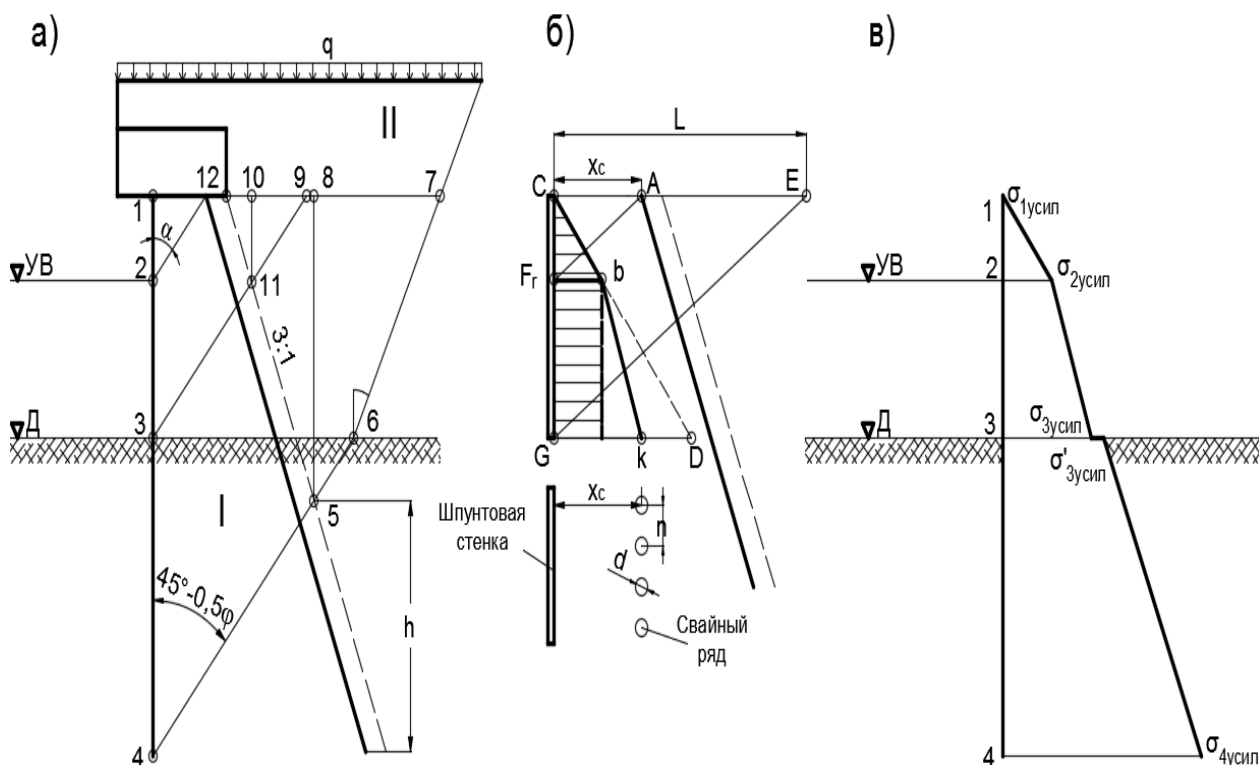


Рис. 2. Расчетная схема к определению бокового давления в зоне I:
а, б – схемы к построению эпюры давления грунта на лицевую стенку;
в – эпюра бокового давления на лицевую стенку.

Аналогично, боковое давление в точке 4 представляет собой разность активных давлений в точке 4 (высота точек 1–4) и точки 5 (высота точек 5–8) клина сползания ограниченного прямой 10–7:

$$\sigma_{4\text{сил}} = \sigma_4 - \sigma_5,$$

где $\sigma_{4\text{усил}}$ – боковое давление грунта в точке 4; σ_4 , σ_5 – активное давление в точках 4 и 5.

Очертание эпюры давления нестандартного силоса приведено на рис. 2, в.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ляхницкий В.Е. и др. Портовые гидротехнические сооружения Ч.1, 1953, 624 с.
2. Погодин В.А., Коровкин В.С., Шхинек К.Н., Фомин Н.Ю., Лисовский В.И. Гидротехнические сооружения морских портов. Под ред. Альхименко А.И. СПб.: Изд-во «Лань», 2014, 427 с.
3. Смирнов Г.Н., Аристархов В.В., Левачев С.Н., Сидорова А.Г., Корчагин Е.А. Порты и портовые сооружения. М.: Изд-во АСВ, 2003, 463 с.
4. Кульмач, П.П., Филиппенко В.З., Заритовский Н.Г., Морские гидротехнические сооружения. Ч. II, Причальные, шельфовые и берегоукрепительные сооружения, ЛБВИСУ, Ленинград, 1991, 391 с.
5. Будин А.Я. Городские и портовые набережные. СПб: Изд-во Политехника, 2014. 424 с.
6. Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. Учеб. для гидротехн. спец. вузов. М.: ВШ, 1985.
7. Голушкевич С.С. Статика предельных состояний грунтовых масс. М., 1957. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-181-4/183.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ВОЛНОЛОМОВ

Морские гидротехнические сооружения (МГТС) подвергаются значительным нагрузкам от ветра, течений и морских волн. Последние создают особо сложные условия работы МГТС. В частности, к ним относятся вибрации частей сооружений, вызываемые действием волн и течений, льдом [1], которые нередко являются причинами аварий на морских сооружениях. Вследствие этого, изучение влияния и трансформации волн остается актуальным вопросом в настоящее время. Целью данной работы является обзор перспектив использования пневматических волноломов.

Одной из проблем воздействия волн является их отражение от МГТС. Волноломы успешно выполняют свое назначение в тех случаях, когда минимальная глубина воды в 1,5–2,0 раза больше высоты волны, кроме того, морское дно перед сооружением должно быть стойким против эрозии или предохранено большим отбоям.

Комбинирование частичного отражения с рассеиванием энергии близ сооружения следует избегать, так как это опасно. Стоит уделить внимание сложению отраженных и набегающих волн, так называемых клапоты [2] или интерферируемых волн. Такие волны в два раза больше приходящих и, следовательно, могут вызывать большую эрозию. Частный случай таких волн – стоячие волны. Они образуются при полном отражении волн от сооружения, имеющего вертикальную или крутонаклонную поверхность, длина которой равна или больше длины волны и плоскость которой параллельна гребням волн. Стоячие волны могут возникнуть только при двухмерном волнении типа зыби, когда к сооружению могут подойти несколько волн с почти постоянными высотами и длинами [3].

Помимо отражения от самой стенки существует возможность геогидрологической системы разрушения волны, при которой они будут разбиваться непосредственно перед волноломом, т.е. разрушение волн происходит не только вследствие перехода на мелкую воду, но и из-за нарушения орбитального движения частиц волны, вызванного вмешательством морских течений или подводных родников пресной воды [4].

Проведя параллель, можно заметить схожесть данной идеи с действием пневматических волноломов – гидротехнических сооружений для гашения энергии волн с помощью сжатого воздуха [5]. Принцип работы данного типа волнолома состоит в том, что из подводного трубопровода, расположенного вдоль линии ограждения, равномерно выпускается через небольшие отверстия сжатый воздух, нагнетаемый компрессорами [8] (рис. 1).

Подводную часть необходимо выполнять из антикоррозийных и антиобрастающих материалов в морской воде. Конструкция опор должна обеспечивать горизонтальное положение рабочих воздуховодов [11].

Однако не сами пузырьки уменьшают волну, а вертикальное движение воды, вызванное ими. Данное движение разливается на поверхности двумя потоками, один из которых противодействует волнам, а другой течет в том же направлении, что и волны. Противоположное течение, если оно достаточно сильное, останавливает волны, в других случаях – увеличивает крутизну и доводит их до разрушения [7, 8]. С увеличением расхода воздуха эффективность гашения волн возрастает [5]. Применение воздуха в качестве образующих вертикальное и горизонтальное течения малоэффективно, с точки зрения затрат мощности выгоднее пользоваться водяной струей, однако это влечет возникновение практических трудностей, например, необходимость обладания большим расходом воды под большим давлением [2].

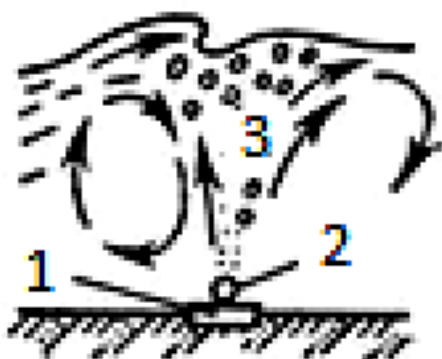


Рис. 1. Устройство пневматического волнолома [6]:
1 – опоры воздуховода; 2 – воздуховод; 3 – водо-воздушный факел, увлекающий присоединенную массу воды

Когда скорость потока недостаточна для того, чтобы остановить волну или вызвать ее разрушение, то они делаются короче и выше, что может привести к повреждению близлежащего сооружения, по сравнению с волнами в их первоначальном состоянии. Таким образом, необходимо с большой осторожностью подходить к выбору места установки [2]; область действия пневматических волноломов ограничивается гашением коротких крутых волн с отношением высоты волны к длине около 0,10–0,15 и с глубиной погружения выпуска воздуха не менее половины длины волны [5]; однако такие волны редко встречаются в морских условиях [9]. Для обеспечения гасящего действия пневматического волнолома независимо от угла подхода волн рекомендуется устраивать волноломы с замкнутым контуром. Размеры ограждаемой от волнения акватории, создаваемых незамкнутым контуром пневматических волноломов, должны определяться с учетом дифракции волн [11].

Возможность гашения волн сжатым воздухом неоднократно проверялась в лабораториях и натурных условиях. По опытам П. К. Божича, пневматическим волноломом удавалось гасить исходную волну в лаборатории (по высоте) примерно на 90%; в 1932 г. вблизи одного из черноморских портов было проведено испытание, давшее удовлетворительные результаты [10].

Расчет проводится согласно СН 288-64 «Указания по проектированию гидротехнических сооружений, подверженным волновым воздействиям», в основе которого лежит определение требуемых диаметров воздуховодов для подачи заданного количества воздуха с заданным начальным и конечным давлениями и размеров перфорации, необходимой для равномерной выдачи расчетного путевого расхода воздуха.

Пневматические волноломы могут применяться с целью создания защищенных от волнения акваторий портов на водохранилищах, озерах и в бухтах морских побережий. На открытых морских побережьях пневматические волноломы могут применяться только для создания акваторий, частично защищенных от ветрового волнения при высоте волн до 5 м, с целью увеличения продолжительности годовой эксплуатации открытых рейдовых стоянок, пунктов беспричалного снабжения и т.п.; могут использоваться в качестве постоянных или временных сооружений также для защиты от волнового воздействия входов в порты, доковых и шлюзовых ворот, ворот судоподъемных сооружений, при проведении аварийно-спасательных и ремонтно-строительных работ [11].

Пневматический волнолом отличается невысокой стоимостью строительства (строительство практически не зависит от глубины воды и от свойств грунта дна), быстрота и простота возведения, возможность пропуска судов над собой и т.п. [9].

В порте Дувр (Великобритания) в течении последних нескольких лет успешно эксплуатируется пневматический волнолом, служащий для ограждения от волн железнодорожного парома.

Выводы:

1. Использование пневматических волноломов позволит снизить экономические затраты по сравнению с другими волноломами, что объясняется небольшим количеством материалов, необходимых для строительства, простотой установки и эксплуатации данного типа сооружения.

2. Недостатки пневматических волноломов – зависимость от потребляемой электроэнергии, необходимой для подачи сжатого воздуха, а также от направления и размеров действующих волн. В настоящее время, решаются выше поставленные вопросы – создаются многообразные сооружения, в состав которых помимо пневматических волноломов входят дополнительные конструкции, позволяющие улучшить работу по борьбе с волновыми воздействиями. Например, «Энергонезависимый самонастраивающийся пневматический волнолом» (патент RU №2365780 от 27.08.2009), в состав которого входят пневматический, гидравлический и плавучий волногаситель. В совокупном использовании каждый элемент выполняет свою функцию и дополняет работу другого элемента: плавучий – оснащен наклонной платформой, которая трансформирует набегающую волну в бурн, при ударе которого о стенку понтона нагнетается водовоздушная смесь и разделяется по трубам: воздух – к пневматический волногасителю, вода – к гидравлическому. Преимуществом таких «составных» конструкций, наряду с высокой эффективностью при низких затратах, будет отсутствие потребности в инфраструктуре (энергоресурсы, дополнительные объекты стройиндустрии, дорожные и подготовительные работы на защищаемых берегах), что создает возможность использования таких волноломов в различных условиях [12].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб: Изд-во «Лань», 2003.
2. Ролт Хэммонд. Аварии зданий и сооружений. Причины и уроки аварий современных сооружений различных типов. М.: Изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960.
3. Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс] / Интерферированные волны – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id569469p1.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. The Recent Damage to the Genoa Breakwater by Dr. Agatino D'Arrigo. The Dock and Harbour Authority, October, 1955.
5. Горная энциклопедия [Электронный ресурс] / Пневматический волнолом – Режим доступа: <http://www.mining-enc.ru/p/pnevmaticheskij-volnolom/>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус.
6. Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс] / Волнолом – Режим доступа: <http://bse.sci-lib.com/article006303.html>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус.
7. The Action of a Surface Current used as a Breakwater by Sir Geoffrey Taylor.
8. Pneumatic and Similar Breakwaters by J. T. Evans.
9. Студопедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://studopedia.org/2-41820.html>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
10. My Lektsii.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mylektsii.ru/7-7847.html>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
11. СН 288-64. Указания по проектированию гидротехнических сооружений, подверженным волновым воздействиям. М.: Изд-во литературы по строительству, 1965.
12. FindPatent.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/246/2461681.html>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ КУРОРТНОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Курортный район Санкт-Петербурга расположен на северном побережье Финского залива, между устьем р. Приветная на западе и Комплексом защитных сооружений от наводнений (КЗС) на востоке, на расстоянии менее 40 км от центра города. Береговая зона курортного района является уникальным природным объектом, требующим бережного отношения и охраны. Сюда приезжают отдыхать со всей Ленинградской области. Здесь находятся санатории, пансионаты, дома отдыха. Требуется дальнейшее развитие курортного района, создание стабильной пляжной зоны для комфортного отдыха. Одной из наиболее острых проблем береговой зоны Курортного района является размыв берегов. В работах Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П.Карпинского (ВСЕГЕИ) выявлено, что вся прибрежная зона Финского Залива подвержена размыву, что естественным образом разрушает зоны отдыха [7, 8]. Требуется устройство берегозащитных сооружений, а также реконструкция уже имеющихся [1, 5].

Рассматриваемый участок находится в Курортном районе г. Санкт-Петербурга и включает в себя береговую линию Финского залива между поселком Комарово и п. Репино.

На участке имеются семь гравитационных бун из каменной наброски, которые расположены нормально к урезу воды. Было выполнено обследование существующих берегоукрепительных сооружений для уточнения их состояния и работоспособности [2, 3]. Обследование показало, что все конструкции требуют капитального ремонта. Среднее значение износа сооружения составляет 70%. Буны частично разрушены, камень разбросан по пляжу, материал обратного фильтра вымыт (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид разрушенных бун

На данном этапе работы осуществляется выбор типа конструкции берегоукрепительного сооружения. В случае формирования искусственных пляжей это могут быть: буны (сквозные, непроницаемые); подводные пляжеудерживающие волноломы; буны с блокирующими элементами; сооружения, предназначенные для усиления мысовых эффектов на границах бухт (рис. 2) [9].

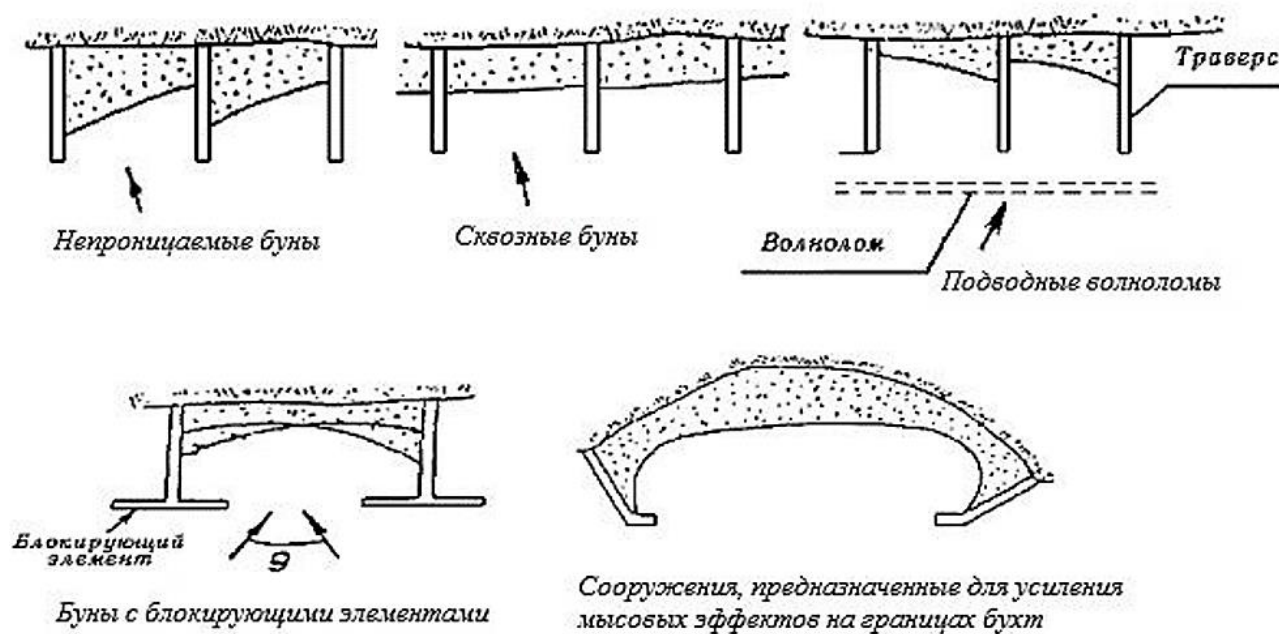


Рис. 2. Типы берегоукрепительных сооружений

Буны – поперечные (нормально расположенные к береговой линии) сооружения для удержания пляжеобразующего материала из естественного вдольберегового потока наносов и сохранения естественного или искусственного пляжа в межбунных отсеках. Правильно сконструированные буны могут замедлить и даже полностью прекратить движение пляжных наносов вдоль берега. В результате этого в межбунных отсеках накапливается пляж, который защищает берег от волн. Однако такое их действие имеет и отрицательный эффект. Защитные свойства бун имеют локальный характер – они способствуют накоплению пляжа и защите берега лишь там, где построены.

Подводные волноломы предназначены для гашения энергии волны на некотором удалении от берега. Конструктивно они представляют собой обычные затопленные стенки вертикального или наклонного профиля. Волноломы могут быть закрепленными и подвижными, проницаемыми и непроницаемыми. Важным качеством волноломов является возможность накопления под их защитой аккумулятивных формообразований в виде вытянутых в сторону волнолома отложений пляжеобразующего материала – так называемых салиентов и томболо. Это позволяет с помощью одних только волноломов формировать бухтовые (серповидные) пляжи. Эффективность прерывистых волноломов определяется их способностью снижать энергию волн в заволноломном пространстве. В результате этого, между берегом и сооружением создаются волновая тень и происходит аккумуляция наносов. В одном случае образуется выступ или салиент, а в случае соединения аккумулятивной формы с берегом – перейма или томболо. Использование прерывистых волноломов

позволяет добиться положительного эффекта в стабилизации пляжей на протяженных участках.

Помимо линейной схемы берегозащиты и формирования пляжей и искусственных территорий существуют другие решения, отработанные на гидравлических моделях и нашедшие широкое применение за рубежом – бухтовые аккумулятивные формы, являющиеся аналогами природных. Существуют два вида бухт:

а) закрытые бухты, у которых внутренняя акватория соединена с морем узким проливом, что обеспечивает максимальную защиту берега внутренней акватории от волнового воздействия.

б) открытые бухты, акватория которых не отделена от моря, а ограничивающие бухту мысы выполняют двойную функцию – исключают возможность уноса пляжеобразующего материала и вызывают трансформацию подходящей волны, изменяя угол ее подхода к пляжу и обеспечивая саморегулирование и динамическую устойчивость пляжа по всему периметру бухты.

Выбор и расчет конструкций для защиты берегов от размыва должен осуществляться в соответствии с российскими нормами [9-11] с использованием накопленного опыта прошлых лет. Так, например, за последнее время в работах все больше появляется исследований о применении волноломов и бун воедино, либо формировании естественных бухт путем строительства прерывистых волноломов [4, 6].

Защита берегов от волновой эрозии должна осуществляться на основании закономерностей, определяющих естественную динамику литодинамических систем. Проблему защиты берегов недопустимо рассматривать как задачу защиты отдельных участков берега, она должна решаться для всего побережья, либо для нескольких крупных участков (литодинамических и береговых систем).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб.: Изд-во «Лань», 2003.
2. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
3. Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Олехнович Я.А., Ялышев А.И. Анализ дефектов причальных и берегоукрепительных сооружений по результатам обследований 2013 г. XLII Неделя науки СПбГПУ, материалы НПК с международным участием. НОЦ «ВИЭ». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 85-88.
4. Ветрова Н.М., Иваненко Т.А. Комплекс экологически безопасных технических решений застройки прибрежных рекреационных зон. Проблемы экологии. 2013. №1(31). С.89-97.
5. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Заносимость морских гидротехнических сооружений. Учебное пособие, СПбГТУ, 1996. 56 с.
6. Макаров К.Н., Макаров Н.К. Моделирование галечных пляжей под защитой бун и волноломов для реконструкции приморской набережной в городе Сочи. Гидротехника. 2011. №3(24). С.18-23.
7. Рябчук Д.В., Спиридонова М.А., Жамойда В.А. и др. Литодинамика северной береговой зоны восточной части Финского залива. Геология морей и океанов. Материалы XVII международной научной конференции (школы) по морской геологии. М., 2007. С.167-169.
8. Рябчук Д.В., Спиридонова М.А., Кропачев Ю.П. и др. Геологический мониторинг береговых зон в районе комплекса защитных сооружений С.-Петербурга от наводнений (КЗС)// Известия ВСЕГЕИ, т.5 (53), 2006, с.221-226.
9. СП 32-103-97. Проектирование морских берегозащитных сооружений. М.: Трансстрой, 1998.
10. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*, 2012
11. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003, 2012.

АВАРИИ ТРАДИЦИОННЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Причальные сооружения строились с давних времен, и со временем сложилась их современная классификация [1]. Набережные, построенные более 50-100 лет назад, могут по своей основной конструкции быть отнесены к двум главным группам – гравитационного и свайного типа. Гравитационными с учетом конструктивных особенностей и материала, являются ряжевые, бутовые, массивовые, тонкие железобетонные с контрфорсами и набережные на быках (мостового типа) [7]. Дальнейшее подразделение массивовых набережных приводит к рассмотрению стенок из бутовых или бетонных обычных сплошных массивов, затем из массивов ячеистых, циклопических, и, наконец, из массивов-гигантов. По другому признаку – методу производства работ – можно различать набережные-стенки, возводимые с водоотливом и без водоотлива; в последнем случае должны быть выделены набережные на опускных колодцах и на кессонах.

Некоторые из этих типов в настоящее время практически не проектируются и не строятся. Соответственно отсутствует опыт работ и современная нормативная база, регламентирующая вопросы ремонта и реконструкции традиционных гравитационных сооружений с устаревшими конструктивными решениями. Некоторые сооружения, построенные еще в XVIII-XIX веках, до сих пор эксплуатируются, несмотря на то, что они длительно подвергаются воздействию природных явлений и явлений эксплуатационного характера.

Воздействие природных и эксплуатационных факторов на различные сооружения различны. Основные факторы, влияющие на состояние причальных сооружений, можно классифицировать следующим образом: геологические; гидрологические и метеорологические; эксплуатационные; производственные; сейсмические.

Нередко аварии причальных сооружений происходят в результате взаимодействия нескольких из этих факторов. Аварии портовых причальных сооружений приводят к существенным убыткам, так как помимо разрушения самого сооружения, погонный метр которого имеет очень высокую стоимость, нарушается нормальная эксплуатационная деятельность портов. Рассмотрим ряд аварийных ситуаций первой половины XX века с портовыми сооружениями и на их основании проведен анализ причин возникновения аварий старых видов конструкций.

I. Пирс на отдельных опорах из обыкновенных массивов [7].

Причина обрушения конструкции состояла в слабости грунта основания и форсированности его загрузки (рис. 1). Поэтому необходимы подробные лабораторные исследования грунтов основания старых сооружений независимо от того, что свойства их ясны. Параллельно с этим целесообразно проверять сравнительными расчетами показатели устойчивости аналогичных грунтов основаниях сооружений как благополучно существующих, так и имеющих деформации или потерпевших аварии.

II. Набережная из обыкновенных массивов [7].

Установленная причина аварии состояла в недопустимо близком черпании у набережной. На размеры деформации при аварии повлияли некоторые неблагоприятные вспомогательные факторы: относительная слабость профиля стенки, малая толщина постели, значительный возраст сооружения, прежние деформации, случаи перегрузки и т.д. Течение аварии показывает, что деформация гравитационных стенок на плотных глинистых грунтах, возникающая вследствие нарушения устойчивости грунта в основании постепенным

ослабеванием призмы отпора, протекает очень медленно, вначале незаметно для глаз. Стенка, внешне сохраняя вид монолитного тела, приходит в движение и получает постепенно возрастающую просадку и наклон; перемещения кордонной линии по вертикали и горизонтали сопутствуют друг другу и имеют близкие по величине значения. Деформация принимает аварийный характер лишь спустя значительный промежуток времени. Такой процесс, как известно из ряда случаев, характерен также для деформации, вызванных длительной перегрузкой элементов, изношенностью элементов и другими постепенно действующими причинами.

Описанная ситуация позволяет сделать ряд выводов:

1. Необходимо тщательно рассчитывать допустимое приближение глубин к сооружениям при черпании. Расчет должен базироваться на лабораторных характеристиках грунтов, проверенных сравнительным расчетом устойчивости грунтов в основаниях существующих сооружений.
2. Для слабых и средних грунтов толщина постели 0,7-1,0 м безусловно мала; деформации гравитационных набережных, установленных на такой постели, неизбежны. Опыт эксплуатации глубоководных гравитационных набережных показал, что минимальной толщиной постели следует признать 1,5 м.
3. Кладка из массивов без перевязки швов в продольном направлении может быть допустима лишь для особенно прочных грунтов и должна получить специальное технико-экономическое обоснование.
4. Работа винтами судов, стоящих у причалов, должна быть категорически запрещена [2, 3].
5. В связи с условностью применяемых методов расчета общей устойчивости сооружений расчет должен быть в сомнительных случаях выполнен не менее, чем по двум методам и полученные при этом результаты по каждому из них проанализированы.
6. При ремонте и реконструкции гравитационных набережных должны быть приняты конструктивные мероприятия для выравнивания напряжения в их основании. К числу таких мероприятий относятся применение конструкции с выступающими сторону берега консолями.

При невозможности изменения конструкции при ремонте/реконструкции набережных из каменных массивов, построенных на постели из рваного камня, можно сделать следующие рекомендации:

1. Естественные камни, применяемые для массивов морских гидротехнических сооружений должны удовлетворять требованиям ГОСТ 22132-76.
2. При изготовлении бутовых массивов каменной кладки должны быть предъявлены повышенные требования к подбору камней, минимальной толщине швов, тщательности расщебенки, кладки рядами, отсутствию пустот в кладке и к качеству цементного раствора.
3. При неблагоприятных условиях естественного режима целесообразно лицевую грань бутовых массивов облицевать камнем повышенной прочности.
4. Отбойные приспособления причалов необходимо поддерживать в состоянии полной исправности. У причалов с существенными поломками отбойных приспособлений должна быть воспрещена стоянка судов; особенно жестко это требования нужно соблюдать в условиях морского волнения у причалов [5].

III. Набережная на откосе [7].

Анализ аварийной ситуации с деформированием набережной на откосе (рис. 2) позволяет сделать следующие выводы.

1. При расположении набережных на речном откосе, особенно на вогнутой части излучины реки, режим речного потока и геологические условия участка быть подвергнуты тщательному изучению.
2. При залегании в откосе реки легко размываемых грунтов должны быть приняты меры для защиты от размывания их речным потоком [6].

3. Защитные мероприятия должны быть распространены на весь откос до самой его подошвы; укрепление откосов в одной лишь верхней части представляет собой полумерой, так как не исключена возможность подмыва откоса ниже защиты со всеми нежелательными последствиями.

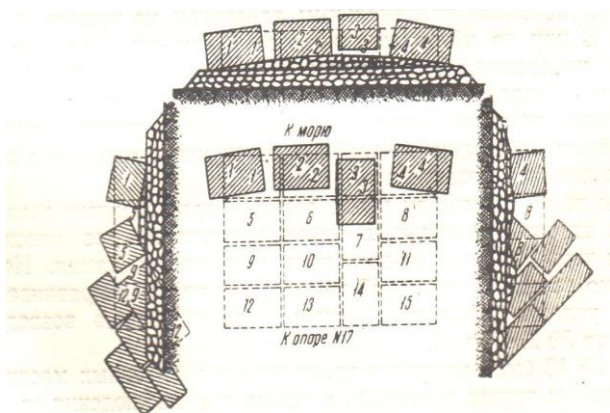


Рис. 1. Состояние постели и расположение массивов первого курса опоры после обрушения [7]

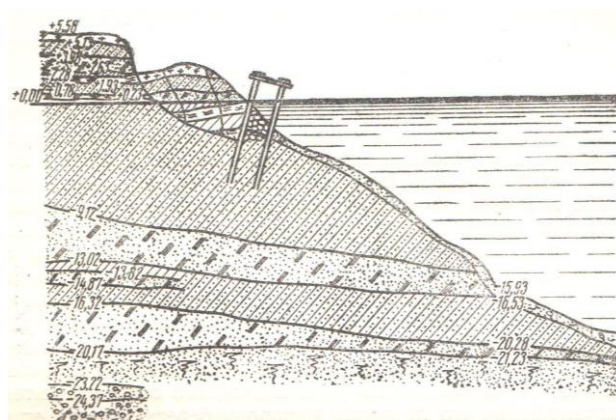


Рис. 2. Поперечный разрез наиболее деформированного участка [7]

4. Если размыв берега происходит медленно, кроме мер пассивной защиты, могут быть рекомендованы меры активной защиты, которые вначале как опытные применяются в ограниченном масштабе, с тем чтобы впоследствии, при положительных результатах, они получили более широкое применение на всем размываемом участке.

5. При устройстве причальных сооружений на откосе должны вестись систематические промеры глубин и периодическое водолазное обследование откоса с тем, чтобы при обнаружении недопустимого размыва были немедленно приняты эффективные защитные меры.

Одним из основных профилактических мероприятий по предотвращению аварий эксплуатируемых сооружений является систематический инструментальный контроль за их состоянием в форме мониторинга и обследования [1, 4, 8].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А.И. и др. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб: Изд-во «Лань», 2003.
2. Беляев Н.Д. Инженерные методы предотвращения размыва дна от работы судовых движителей, Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. СПбГТУ, 1999 г., 16 с.
3. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений: Межвуз. сб. научн. тр. Вып. 3. Магнитогорск: МГТУ, 2003. с. 34-39.
4. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
5. Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Олехнович Я.А., Ялышев А.И. Анализ дефектов причальных и берегоукрепительных сооружений по результатам обследований 2013 г. Неделя науки СПбГПУ: материалы НПК с международным участием. НОЦ «ВИЭ». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. с. 85-88.
6. Беляев Н.Д., Чугунова В.В. Анализ методов защиты от размывов у морских ГТС. Неделя науки СПбГПУ: материалы НПК с международным участием. НОЦ «ВИЭ». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. с. 80-83.
7. Гинсбург Р.И., Шафир И.Н. Предупреждение аварий морских причальных сооружений. Изд-во «Морской транспорт», 1953.
8. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Контроль качества строительства. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации водохозяйственных и гидротехнических сооружений: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 143 с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ УГОЛКОВОЙ НАБЕРЕЖНОЙ
ПРИ НЕДОСТАТОЧНОМ РАСЧЕТНОМ УРОВНЕ ВОДЫ

Порт Камбарка является одним из крупнейших в Камском речном бассейне. Он расположен в 400 километрах ниже по течению от города Пермь. Через порт Камбарка грузы направляются по внутренним водным путям России в сторону Балтийского и Каспийского морей, а также Черноморско-Средиземноморского бассейна. Железнодорожные пути порта по отдельной ветке примыкают к Транссибирской магистрали. Порт имеет причальную стенку длиной 620 м с гарантированной глубиной судового хода и подходов к причалам 4 м.

Причальная линия порта разделена на три участка. В крайних частях причальной линии показаны участки длиной 250 и 70 м с повышением отметки территории дна на 4,5 м по отношению к среднему участку. Это было сделано на случай ожидаемого повышения уровня Камского водохранилища. В связи с отсутствием повышения отметки горизонта водохранилища эти участки стали непригодными для эксплуатации в большую часть времени навигационного периода.

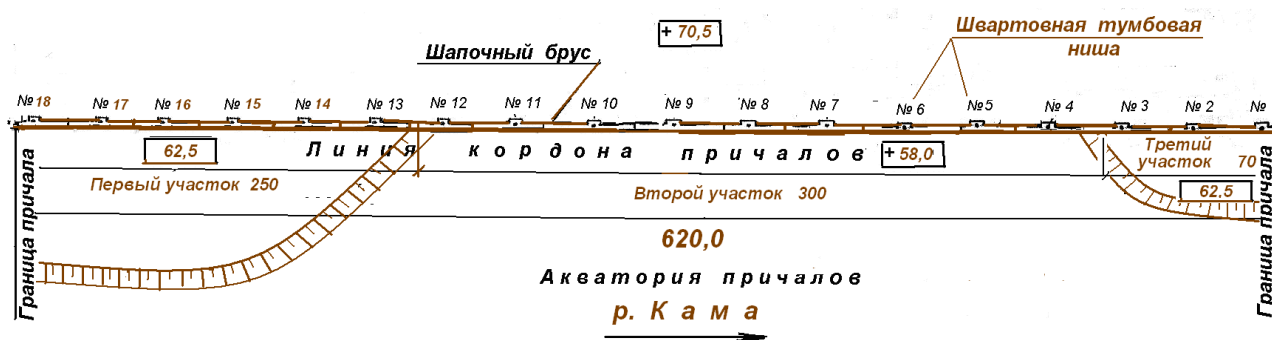


Рис. 1. План причальной линии речного порта Камбарка

Конструкция причальной набережной представляет гравитационную стенку уголкового профиля. Угловые сооружения имеют две основные конструктивные схемы, отличающиеся способом анкеровки лицевой плиты (вертикального элемента). По одной схеме анкерные тяги закрепляют за фундаментную плиту – угловые стенки с внутренней наклонной анкеровкой (рис. 2), по другой соответственно – с внешней горизонтальной анкеровкой, за отдельно стоящие анкерные плиты или стенки [1, 2]. Лицевые и фундаментные плиты, как правило, таврового сечения изготавливают из железобетона. Укладывают фундаментальные плиты друг к другу без омоноличивания на тщательно выровненную каменную постель. Вертикальные лицевые элементы рекомендуется изготавливать из предварительно напряженного железобетона таврового поперечного сечения. Конфигурация и ширина фундаментных и лицевых плит унифицированы: ширина плит 1,6 м или 3,2 м, её толщина 0,2-0,3 м, ширина ребра 0,3 м, а высота 0,4-0,8 м [3]. Анкерные тяги набережных изготавливают, как правило, из полосовой стали, поставленной на ребро. Продольную и поперечную жесткость сооружения обеспечивает шапочная балка, в которую заделывают арматурные выпуски лицевых плит конструкций.

Характерной особенностью причальных стенок с внутренней анкеровкой является то, что они создают значительное неравномерное давление на грунт. Анкерная тяга как бы «приподнимает» тыловую часть фундаментной плиты и контактное давление здесь

уменьшается, а под передней гранью увеличивается. При внешней анкеровке обеспечивается почти равномерное распределение давления на основание, что при прочих равных условиях позволяет уменьшить ширину фундаментной плиты на 25... 30% в сравнении с набережной при внутренней анкеровке. На рис. 2 представлена набережная уголкового профиля мелководных участков (а) и вариант ее реконструкции (б).

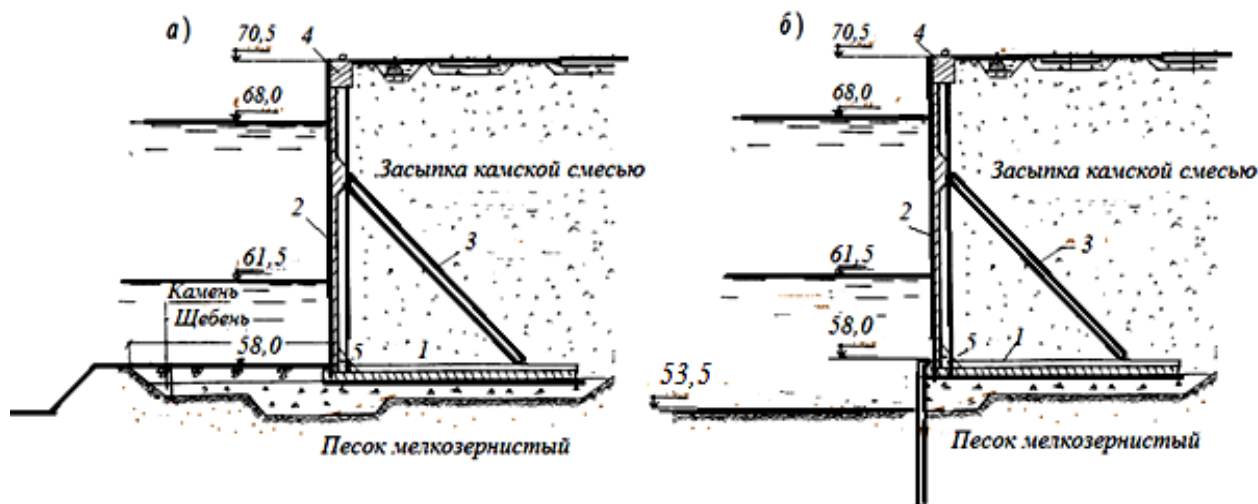


Рис. 2. Гравитационные набережные с внутренней анкеровкой.

- а – типовая набережная из сборных железобетонных элементов с внутренней анкеровкой;
 б – реконструкция набережной с помощью шпунтовой стенки:
 1 – фундаментная плита; 2 – лицевая плита; 3 – анкерная тяга;
 4 – шапочная балка; 5 – обратный фильтр (грунтозащита)

Продольную и поперечную жесткость сооружения обеспечивает шапочная балка, в которую заделываются арматурные выпуски лицевых плит конструкций.

Предлагаемая реконструкция гравитационной стенки порта Камбарка осуществляется путем забивки перед ней шпунтового ряда корытного профиля (оторочки). При этом верхний торец шпунтины имеет отметку старого проектного дна 58,0 м БС. Реконструкция позволила понизить отметку проектного дна на 4,5 м и сделала пригодными два участка причальной набережной общей длиной 320 м для эксплуатации.

Для выбора сортамента шпунтины определялась вертикальная нагрузка на грунт основания от уголкового набережной, которая равна неравномерной эпюре давления от внецентренного сжатия [4, 5]. В соответствии с расчетом конструкции от вертикальной нагрузки на незаанкерованную шпунтовую стенку определился шпунт корытного профиля типа Ларсен VII с глубиной забивки порядка 5 м. При этом для производства работ при погружении стенки использовалась специальная вертикальная вставка с накладками, позволяющая погружать вибратором шпунтины насухо, которая затем убиралась водолазами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Смирнов Г.Н., Аристархов В.В., Левачев С.Н., Сидорова А.Г., Корчагин Е.А. Порты и портовые сооружения. М.: Изд-во АСВ, 2003, с. 463.
2. Кульмач П.П., Филиппенко В.З., Заритовский Н.Г. Морские гидротехнические сооружения. Ч. II. Причальные, шельфовые и берегоукрепительные сооружения, ЛВВИСУ, Ленинград, 1991, 391 с..
3. Гуревич В.Б. Речные портовые гидротехнические сооружения. М.: Транспорт, 1969, 415 с.
4. Коровкин В.С. и др. Гидротехнические сооружения морских портов. Под ред. Альхименко А.И. СПб.: Изд-во «Лань», 2014, 427 с.
5. Будин А.Я., Чекренева М.В. Усиление портовых сооружений. М.: Транспорт, 1983, 179 с.

ВОДОДЕЛИТЕЛИ БУРНОГО ПОТОКА ДЛЯ МИКРОГЭС

Быстротечные каналы, являющиеся наиболее распространенным типом ирригационных магистральных и межхозяйственных каналов в горно-предгорной зоне, обладают значительными запасами водной энергии, которая может быть использована в малой гидроэнергетике. Существуют варианты использования энергии бурного потока путем установки в канале прямооточных свободноструйных турбин, но они недостаточно проработаны и не надежны. Поэтому более реальным является предложенный Токомбаевым К.А. вариант создания микроГЭС, в агрегаты которых вода подается из канала-быстротока по напорному трубопроводу, проложенному параллельно трассе канала [1]. С этой целью предлагается использовать известные вододелители бурного потока траншейного типа, использующие принцип водоотбора без заметного вмешательства в поток, т.е. путем делением потока по вертикали [2-4].

Вопросам разработки и исследований вододелителей для быстротечных каналов посвящены работы Арсенишвили К.И., Атамановой О.В., Баялинова Д.А., Беркалиева Б.З., Бобохидзе Ш.С., Бочкарева Я.В., Вагапова Р.И., Высоцкого Л.И., Голубенко М.И., Руруа Б.Г., Сатаркулова С.С., Сунчалаева Ф.Т. и др. исследователей [2-4]. За годы эксплуатации были выявлены недостатки предложенных траншейных вододелителей: громоздкость сооружений, ограниченный водозабор в отводы, образование поверхностных возмущений, приводящих к выплескам воды из канала и т.д. С этих позиций привлекательными для малой энергетики являются современные конструкции двухсторонних вододелителей, разработанные и исследованные в КРСУ и СПбПУ. Первый – двухсторонний вододелитель для каналов с бурным режимом течения потока (ВДКБТ, Патент КР № 1514, 2012 на имя Лаврова Н.П., Атамановой О.В., Исабекова Т.А.). Особенность конструкции этого вододелителя является то, что расположенная в донном колодце разделительная перегородка с отсекающим козырьком выполнена ломаной в плане [3]. За счет этого, во-первых, происходит пропорциональное распределение потока в боковые отводящие каналы и тем самым, уменьшаются строительные размеры вододелителя. Во-вторых, уменьшаются поверхностные возмущения потока над решеткой благодаря заостренной против течения форме гребня перегородок.

Проведенные в производственных условиях исследования ВДКБТ, построенного в 2009 г. на канале-быстротоке Туш в Киргизии, подсказали идею конструктивного упрощения данного вододелителя. Модернизированная конструкция двухстороннего вододелителя для каналов с бурным течением (ВДКБТ-1, Патент КР на полезную модель №190 на имя Лаврова Н.П., Исабекова Т.А., Аджыгуловой Г.С., Атамановой О.В.) имеет ассиметричную решетчатую плиту над водоприемным колодцем, в конце которой (по направлению потока) приварен горизонтальный отсекающий козырек (рис. 1). Наличие ассиметричной решетки (решетчатой плиты) позволило выполнить разделительную перегородку симметричной относительно оси потока в канале, что заметно упрощает расчеты и изготовления конструкции.

Плавник и крупные фракции донных наносов благодаря продольным стержням решетки 12 не попадают в колодец 3 и в отводящие каналы 4 и 5, а проносятся транзитным потоком.

В работе был рассмотрен пример применения конструкции вододелителя ВДКБТ-1 на канале Новый в Чуйской области Киргизии для водоподачи на две микроГЭС типа АГЭ-1М и АГЭ-2М с турбинами пропеллерного типа. Прежде всего, была проверена устойчивость бурного потока по приближенному критерию К.И.Арсенишвили [2]:

$$\frac{h_0}{\chi_0} > 0,1; \quad i < 0,2. \quad (1)$$

Здесь h_0 – нормальная глубина потока в канале-быстротоке, χ_0 – смоченный периметр, i – уклон дна канала.

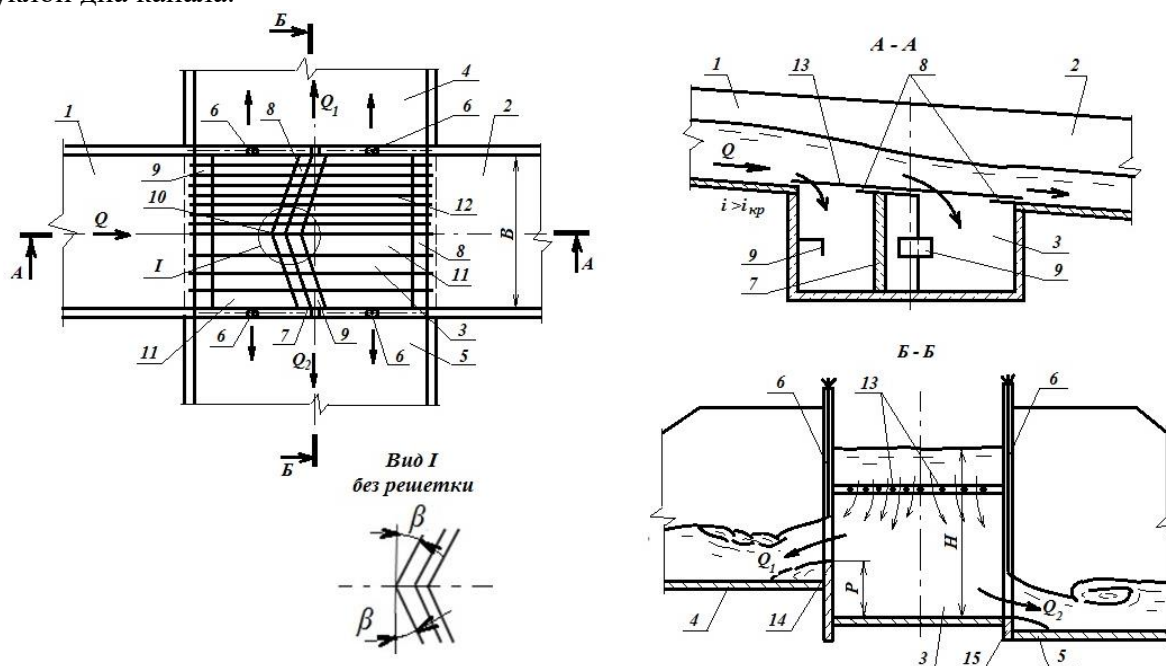


Рис. 1. Схема двухстороннего вододелителя типа ВДКБТ-1 с ассиметричной решетчатой плитой: 1 – подводящий канал; 2 – транзитный канал; 3 – колодец; 4, 5 – отводящие каналы; 6 – плоские затворы; 7 – разделительная перегородка; 8 – отсекающие козырьки; 9 – Г-образные козырьки; 10 – вершина угла излома перегородки; 11 – камеры; 12 – ассиметричная решетка; 13 – решетчатая плита; 14, 15 – порог

Оба условия критерия Арсенишвили выполняются, следовательно, бурный поток устойчив и волнообразование не прогнозируется. Был выполнен также гидравлический расчет конструктивных элементов вододелителя ВДКБТ-1 по методике авторов конструкции [1, 2]. Затем, исходя из допустимых скоростей и необходимого расхода микроГЭС, были определены диаметры двух турбинных водоводов [5]. Длина этих водоводов рассчитана исходя из расчетного напора микроГЭС марки АГЭ-1М и уклона дна канала-быстротока. Потери по длине турбинных трубопроводов определялись по формуле Вейсбаха-Дарси. По величине этих потерь с учетом запаса вычислялась глубина боковых колодцев 5 (см. рис. 1) в головной части трубопроводов. С учетом этой возросшей глубины предусматривается некоторая реконструкция боковых колодцев для рационального сопряжения безнапорной части вододелителя с напорным водоводом микроГЭС.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Токомбаев К.А. Новые принципы использования возобновляемых источников в сельском хозяйстве горных районов. Фрунзе: Илим, 1990. 290 с.
2. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны/ под. ред. Н.П.Лаврова. Бишкек: изд. Салам, 2009. 505 с.
3. Исабеков Т.А. Совершенствование управления водными ресурсами на объектах межгосударственного водопользования // Автореферат дисс. на соиск уч.степ. д.т.н. Бишкек: КРСУ, 2014. 44 с.
4. Лавров Н.П., Аджыгулова Г.С., Атаманова О.В. Совершенствование водораспределительных сооружений для ирригационных каналов-быстротоков с бурным течением // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, №2(22), Новочеркасск, 2016. с. 1-18.
5. Лавров Н.П., Торопов М.К. Расчет элементов микроГЭС с водозабором из ирригационного канала-быстротока. Бишкек: КРСУ, 2001. 28 с.

АНАЛИЗ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ ПЛАВАЮЩИХ ГОРОДОВ

На сегодняшний день существует ряд глобальных проблем, таких как стремительное увеличение населения планеты, высокая урбанизация, изменение климата и стихийные бедствия. Но одной из более существенных проблем является повышение уровня Мирового океана, из-за которого многие города мира будут частично погружены под воду. К городам, которые подвержены затоплению, относятся Нью-Йорк, Лондон, Шанхай, Сидней и многие другие. Кроме того, некоторые островные страны мира нуждаются в искусственной суше для ее использования в различных целях. Благодаря научно-техническому прогрессу существуют предпосылки для решения вышеперечисленных проблем.

Современная наука в состоянии обеспечить освоение не только новых территорий суши, но и прежде непригодной для обитания среды – мирового океана. В будущем, архитектурные проекты не смогут обойтись без воды в территориальном плане. Просторы морей и океанов являются многообещающей перспективой для проектирования плавучих городов. Ряд регионов испытывает серьезные затруднения из-за стихийных бедствий или наводнений – из чего следует, что уже сейчас имеет смысл накапливать опыт строительства плавучих эколополисов. К настоящему времени предложены некоторые решения в этой области [1, 2].

Целью данной работы является изучение инновационных проектов в области гидротехнического строительства, а именно строительство сооружений на воде, которые используются под жилищные комплексы, состоящие из множества жилых зданий, а также их особенностей и дальнейшего развития. Для достижения поставленной цели были проанализированы проекты плавающих городов разной конструкции – «Lilypad», архитектора Винсента Каллебаута и «Силенд» [3].

На основании изучения проектов плавучих городов, можно сделать вывод, что только некоторые из них можно будет реализовать в дальнейшем. Одним из таких проектов, имеющим шансы на реализацию, является город-государство на воде, разработанное сотрудниками американского университета Seasteading Institute и датской архитектурной фирмой DeltaSync.

Этот плавучий город представляет собой платформу, держащуюся на воде за счет цистерны из водостойкого железобетона, внутрь которой закачивается воздух для поддержания цистерны на плаву. Центр тяжести плавучего города будет находиться ниже уровня моря, что обеспечит его устойчивость в воде, а чем больше плавучий город будет становиться в размерах, тем устойчивее к проявлениям стихии он будет становиться.

Город оснащен различными средствами, обеспечивающими комфортное проживание, таких, как система предупреждения о штормах, которая уже используется в морской индустрии; волноломы, а также мобильность и модульность объектов позволит избегать штормов и ураганов в открытом океане. Объект будет использовать возобновляемые источники энергии: энергию ветра, волн, солнца. Большинство используемых технологий вызывают меньшее загрязнение окружающей среды, чем технологии, используемые на суше [4].

Также было проведено исследование плавающего города «Lilypad», который представляет собой современный «ковчег» или город-амфибию, способную автономно существовать на воде. Свое название объект получил из-за схожести с водным цветком – лилией (рис. 1).



Рис. 1. Вид плавающего города «Lilypad» [5]

Предложенная конструкция основана на строении листьев тропической кувшинки, покрытых с нижней стороны глубокими желобами, что придает им большую устойчивость на воде. В качестве основного материала для эколописа планируется использоваться пластиковое волокно, покрытое слоем двуокиси титана, впитывающим частицы загрязнения из атмосферы под воздействием солнечных лучей. Такой «город будущего» обладает нулевым уровнем выброса углерода в окружающую среду. Энергию надводный эколопис будет получать всеми доступными альтернативными средствами, – главным образом, с помощью воздушных и подводных турбин, в проекте будут использоваться только природные источники энергии (солнечная энергия ветра, энергия приливов и отливов), поэтому он не должен наносить никакого вреда окружающей среде [6].

Весь комплекс планируется «покрыть» слоем растительности, делая его максимально похожим на земной; ниже уровня воды расположится общественный и развлекательный центр города. Жить тут можно будет практически везде – на всех ярусах; в центре конструкции будет располагаться глубокая емкость, которая будет использоваться в качестве хранилища для пресной воды и играть роль циклопического кия для стабилизации и обеспечения устойчивости плавучего города даже в условиях самых жестоких штормов. Сложное строение лагуны позволит разделить ее на секции. Некоторые из них будут использоваться как подводные сады, некоторые – для обеспечения и обновления воды внутренних пресных водоемов эколописа. Уходящий под воду на десятки метров, киль будет иметь в стенах помещения, предназначенные в том числе для наблюдения за подводным миром и его изучения.

Плавающий город будет не только обеспечивать своих жителей энергией, но и уничтожать продукты их жизнедеятельности, вместо того, чтобы сбрасывать отходы в океан. Для добычи пресной воды не придется посылать экспедиции на сушу или ждать дождя, плавучий остров Lilypad предоставит своим обитателям возможность опреснять и фильтровать океанскую воду посредством совокупности различных технологий, таких как фитоочистение и обратный осмос. Недостатка в еде жители плавучего эколописа тоже испытывать не будут. По периметру дискообразного корпуса расположатся три радиальные бухты с причалами, как для прогулочных яхт, так и для рыболовецких траулеров. Океан сможет обеспечить население всех эколописов морепродуктами, к тому же 500 000 м² площади основного яруса, дополненной многочисленными висячими фермами и садами, могут позволить людям выращивать плодовые и овощные растения [8].



Рис. 2. Варианты размещения плавучих городов [7]

Город под названием «Lilypad» рассчитан в общей сложности на пятьдесят тысяч человек, а также на различных представителей флоры и фауны. Скорее всего, этот город станет местом обитания богатых людей, ведь в соответствии с оценочными расчетами стоимость 10-ти квадратных метров жилья в этом плавучем городе будет начинаться с \$12100, а люкс на 21-м этаже может обойтись в \$11 млн. [9].

Несмотря на большое количество разработок таких проектов, ни один из представленных объектов не был до сих пор реализован, что во многом связано с отсутствием решений архитектурных и градостроительных вопросов технического порядка.

Рассмотренные концептуальные предложения требуют технического обоснования специалистами-гидротехниками. К числу первоочередных задач относятся вопросы оценки внешних воздействий и разработка систем удержания, учитывающих высокую подводную и надводную парусность объекта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Степанян К.А. Плавучие города [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://elibrary.ru/download/95320870.pdf>
2. Ходотова Е.А., Ермолова А.Е. Градостроительные особенности городов на воде [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://elibrary.ru/download/64578378.pdf>
3. Будущее. Плавучие города [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://i4future.ru/2015/10/plavuchie-goroda/>
4. Киселева М.А. Плавучие города: анализ проекта города-государства на воде [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/va2014_01_02/pdf/007kiseliyova.pdf
5. Рисунок плавающего города «Lilypad» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://i.ytimg.com/vi/nK91-ZQCcMk/maxresdefault.jpg>
6. Лист водяной лилии [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://archi.ru/world/6468/list-vodyanoi-lilii>
7. Вид плавающего города «Lilypad» [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://diepresse.com/images/uploads/5/c/5/615877/mission_staedte_ohne_co2emissionen_www_vincent-callebaut_org20101204181731.jpg
8. Lilypad, плавучий экополис для экологических беженцев [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://earth-chronicles.ru/news/2014-01-24-58471>
9. Плавучий город будущего [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.baby.ru/blogs/post/13834442-2215111/>

ВОДОДЕЛИТЕЛИ СВЕРХБУРНОГО ПОТОКА ДЛЯ МИКРОГЭС

В горных районах СНГ преобладающим типом магистральных водопроводящих сооружений являются каналы-быстротоки с бурным и сверхбурным течением. Сверхбурный режим течения наблюдается в каналах с уклоном дна, больше второго критического, равного $i_{кр}^{11} = 0,02$, при потере устойчивости потока, сопровождающейся самопроизвольным образованием катящихся волн [1]. В этих условиях для вододеления с применяются разработанные в Грузинском НИИ гидротехники и мелиорации (ГрузНИИГиМ), в Кыргызско-Российском Славянском университете (КРСУ) и в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (СПбПУ) вододелители сверхбурного потока. В их числе водовыпуск типа «Решетчатый трамплин» конструкции К.И.Арсенишвили, водовыпуск-стабилизатор для каналов-быстротоков конструкции М.К.Жусупова [1, 2]. Недостатком данных конструкций является наличие подвижных частей, предназначенных для отсечения гребневой части катящихся волн, что снижает их эксплуатационную надежность. Вододелитель для каналов со сверхбурным режимом течения (Авт. свид. СССР № 1654447 на имя Н.П.Лаврова) был построен в 2001 г. на Аламединском подпитывающем канале (АПК) для резервного водоснабжения Бишкекской ТЭЦ и показал достаточную эффективность и надежность в эксплуатации. Отличительной особенностью конструкции этого вододелителя является сороудерживающая решетка в форме набора треугольных пластин, одновременно предназначенная для волногашения. Кроме того, поперечные камеры вододелителя имеют возрастающую по течению ширину, что позволяет создать более равномерное распределение удельных расходов воды по ширине отводящего русла. Сложность исполнения поверхностной решетки вододелителя и необходимость выполнения боковых затворов разной ширины ограничивают применение этого типа вододелителя сверхбурного потока. Следующей модификацией является вододелитель для каналов со сверхбурным режимом течения (ВКРСТ), разработанный в КРСУ. Отличительной особенностью ВКРСТ (патент КР № 447 на имя Н.П.Лаврова, М.К. Жусупова, А.И.Рохмана) является то, что в верхней части передней стенки первой по течению камеры устроен скос под углом, равным углу падения струи. Кроме того, у этой конструкции поверхностная решетка выполнена из отдельных секций, шарнирно закрепленных над каждой камерой, а отсекающие козырьки приварены снизу секций решетки в их концевой части. Эта конструкция вододелителя позволила улучшить эксплуатационные характеристики сооружения, в частности, производить очистку отдельных частей решетки меньших размеров. Однако, недостатки предыдущей конструкции здесь не были устранены. На основе изучения особенностей рассмотренных компоновок вододелителей были разработана усовершенствованная конструкция вододелителя для каналов со сверхбурным течением (ВКСТ) (Патент КР № 1043. Вододелитель для каналов со сверхбурным течением/ Лавров Н.П., Атаманова О.В., Бейшекеев К.К., Аджыгулова Г.С.) (рис. 1) включает донную траншею 3, размещенную между подводящим 1 и транзитным 2 каналами, отводящий канал 5, разделенный головными затворами 11 равной ширины, расположенные в траншее разделительные перегородки 7 с горизонтальными козырьками 9 в верхней части и Г-образными козырьками 10 на внутренней стороне, как показано на рис. 1.

Выполнение разделительных перегородок 4 с изломом в вертикальной плоскости обеспечивает увеличение площадей входных отверстий камер по потоку. В то же время, действующий напор потока при истечении в эти камеры уменьшается по течению за счет отбора воды, чем достигается более равномерное распределение скоростей воды и удельных

расходов на выходе из камер в отводящий канал. Данная конструкция водodelителя, по мнению авторов, может использоваться для отбора воды из канала-быстротока не только в ирригационные системы, но и в напорный трубопровод микроГЭС.

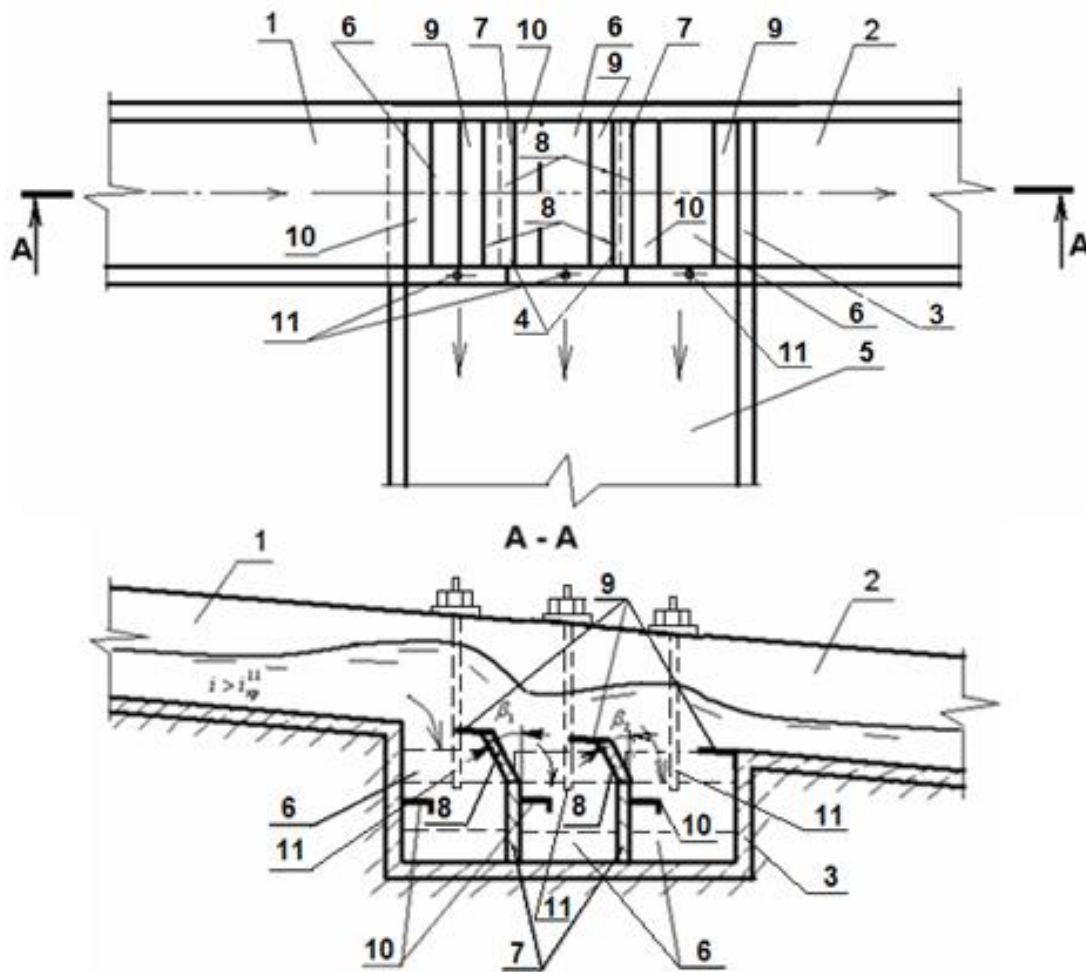


Рис. 1. Схема водodelителя для каналов со сверхбурным течением (решетка не показана): 1 – подводящий канал; 2 – транзитный канал; 3 – донная траншея; 4 – разделительные перегородки; 5 – отводящий канал; 6 – камеры; 7 – вертикальная часть перегородок; 8 – наклонная часть перегородок; 9 – горизонтальные козырьки, 10 – Г-образные козырьки; 11 – плоские затворы

Для примера нами был выполнен гидравлический расчет устойчивости потока в канале-быстротоке АПК по критерию Т.Г.Войнич-Сяноженцкого [1, 3], имеющего вид:

$$\frac{1}{Fr_0} > \alpha \Pi^2 - \left(6,5\alpha_0 - 4,5 + 3,2 \frac{g}{C^2} \right) \Pi + 4\alpha_0 + 2,5 \frac{g}{C^2} - 3, \quad (1)$$

где $\Pi = \frac{x^* \omega_0}{2B_0 H_0}$ – форм параметр русла; x^* – гидравлический показатель русла, ω_0 – площадь живого сечения для нормальной глубины H_0 ; C – коэффициент Шези; $\bar{\alpha}_0$ – полный корректив количества движения, $\bar{\alpha}_0 = 2\alpha_0 - 1$.

Расчет прогнозировал частичную потерю устойчивости потока и образование катящихся волн в канале-быстротоке при расходах воды менее $0,4Q_{\max}$. Проверка возможности волнообразования была выполнена по формуле А.О. Гамбаряна [1, 3] в виде:

$$\bar{s}_6 = \frac{s_6 i}{h_{кр}} \geq 120, \quad (2)$$

где s_6 – длина быстротока; i – уклон; $h_{кр}$ – критическая глубина; $\bar{s}_6$ – безразмерная длина быстротока.

Гидравлическим расчетом по формуле Е.А. Замарина [1, 2] определены необходимые размеры поверхностной решетки, а также размеры донной траншеи выбранной конструкции вододелителя типа ВКСТ для забора расхода, равного расходу 4-х агрегатов микроГЭС типа АГЭ-2М, выпускаемого АО «ОРЕМИ».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны / под. ред. Н.П.Лаврова. Бишкек: изд. Салам, 2009. 505 с.
2. Бейшекеев К.К. Совершенствование водомерных и водораспределительных сооружений на каналах-быстротоках оросительных систем горно-предгорной зоны// Автореферат дисс. на соиск уч. степ. докт. техн. наук. Бишкек: КРСУ, 2011. 44 с.
3. Лавров Н.П., Лыу Ба Тхиен, Нгуен Зуи Зуи. Прогноз устойчивости бурного потока на холостом безнапорном водосбросе ГЭС Дам'Бри, Вьетнам// Экологическое состояние природной среды и научно-практ. аспекты современных мелиоративных технологий: сб. научн. трудов, вып.6. Рязань: РГАТУ, 2014. 266-271 с.
4. Лавров Н.П., Торопов М.К. Расчет элементов микроГЭС с водозабором из ирригационного канала-быстротока. Бишкек: КРСУ, 2001. 28 с.

УДК 627

В.С.Новикова, А.С.Дерябин, В.С.Коровкин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭПЮРЫ ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ БОКОВОГО ДАВЛЕНИЯ ГРУНТА НА ПОДПОРНУЮ СТЕНКУ

Проблема расчета причальных сооружений не нова. Начиная с тридцатых годов прошлого века создано много моделей расчета тонких причальных стенок, взаимодействующих с грунтом [1, 2].

Расчет воднотранспортных гидротехнических сооружений, взаимодействующих с грунтом, в строгой постановке относится к числу смешанных упругопластических задач. В настоящее время имеется значительное количество программных комплексов (Геомеханика, ANSUS, Plaxis, Msheet, ЛИРА и др.), использующих модель сплошной среды. Они позволяют численным методом на ПК вычислять напряженно-деформированное состояние сооружения в плоской и пространственной постановках с учетом упругих и предельных областей, что ранее было невозможно.

Однако актуальным остается вопрос, насколько близки законы взаимодействия частиц в модели сплошной среды, например, конструкционных материалов, и модели сыпучей среды. Это связано с различными структурами сред (сплошной и дискретной), которая более разнообразна в грунтах. При этом металлы, обладают большими межкристаллическими связями. Сыпучие тела отличаются от твёрдых: подвижностью частиц; способностью сохранять форму только в известных пределах; свойством оказывать давление на ограждающую поверхность; отсутствием сопротивления растяжению; различной способностью сопротивляться сдвигающим усилиям в зависимости от действия сжимающих сил (шарового тензора).

Для грунтов более предпочтительна модель дискретной среды [3]. К сожалению, указанная модель еще находится в стадии разработок. Отсутствие строго решения для учета

перераспределения бокового давления грунта на деформируемые ограждения делает актуальным инженерные методы расчета [4]. Ниже рассмотрен инженерный вариант учета перераспределения давления по очертанию эпюры изгибающих моментов.

Упрощенный вариант определения бокового давления на стенку связан с эпюрой изгибающих моментов. Зависимость очертания эпюры изгибающих моментов и бокового давления на деформированную стенку позволяет учесть это обстоятельство в расчете бойлеров с учетом перераспределения бокового давления грунта. В этом случае характер изменения эпюры изменением эпюры бокового давления грунта меняется от седлообразного (расчетная схема полного защемления стенки) до параболического (расчетная схема свободного опирания стенки). Указанное подтверждается опытными данными [5].

С учетом очертания эпюры изгибающих моментов в расчете однопролетной балки с опиранием ее нижнего участка на грунт строится трансформированная эпюра бокового давления грунта. При этом использование переменного по высоте коэффициента постели $K_{\text{п}}$ для определения бокового давления на стенку в методе зеркального отображения становится излишним.

Два крайних положения эпюры изгибающих моментов: полное защемление и свободное опирание отвечают разным эпюрам бокового давления грунта на стенку (рис 1, б и 1, в).

1. Стенка полностью защемлена. Ординаты изгибающих моментов в стенке равны $M_1 = M_2$ (рис. 1, б, эпюра 2). В этом случае трансформируют эпюру активного (кулоновского) давления грунта на стенку в седлообразную следующим образом (рис. 1, в, кривая 2).

Ордината давления в точке b равна $\sigma_{\text{т}} = 0,4\sigma_{\text{к}}$ где $\sigma_{\text{к}}$ – кулоновское, (активное) давление, а в точках c и d – соответственно $\sigma_{\text{т}} = 0,8\sigma_{\text{к}}$.

Ордината давления в точке a определяется из условия равенства площадей эпюры кулоновского давления засыпки и перераспределенной (рис. 1, в).

Полученные точки соединяют плавной кривой, получая трансформированную эпюру бокового давления грунта на стенку.

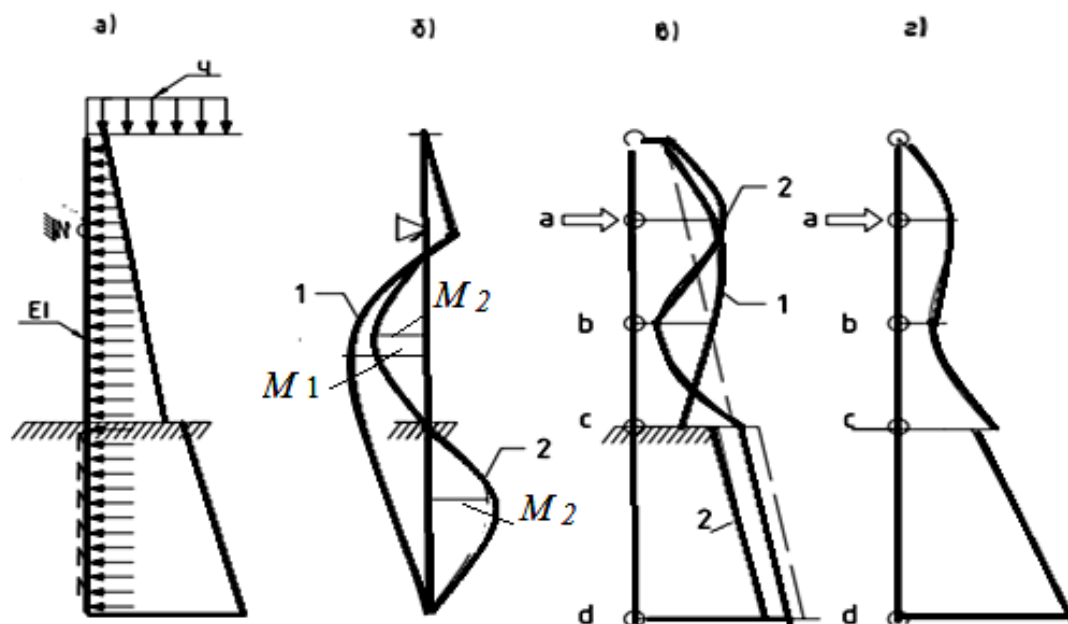


Рис. 1. К определению перераспределенного бокового давления:

a – активное давление на стенку; $б$ – предельные эпюры изгибающих моментов в стенке при свободном опирании (кривая 1) и соответственно – с полным защемлением (кривая 2); $в$ – соответствующие эпюры трансформированного активного давления, отвечающие изгибающим моментам; $г$ – эпюра трансформированного активного давления грунта на стенку при неполном защемлении

Стенка свободноопертая, $M_2 = 0$ (рис. 1,б). В случае расчетной схемы свободного опирания стенки, учитывается влияние смещения нижнего конца стенки, трансформируя эпюру активного давления грунта на стенку в параболическую (рис. 1,в, кривая 1).

Давление в точке c соответственно $\sigma_T = 0,4\sigma_k$ для засыпки. В точках c и d для основания $\sigma_T = 0,6\sigma_k$.

В слабых грунтах ($\varphi \leq 10^\circ$) в точках c и d для грунта основания кулоновская эпюра не меняется. Давление в точке a определяется из условия равенства площадей эпюры активного давления засыпки и основания (рис. 1,в, кривая 1).

Стенка частично защемленная $M_1 > M_2 > 0$, где M_1 – изгибающий момент в стенке при схеме свободного опирания (рис. 1,б). Этот случай наиболее часто имеет место, в нем используется интерполяция двух крайних эпюр в зависимости от соотношения изгибающих моментов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кульмач, П.П., Филиппенко В., Заритовский Н.Г., Морские гидротехнические сооружения. Ч. II, Причальные, шельфовые и берегоукрепительные сооружения. Л.: ЛВВИСУ, 1991, 391 с.
2. Коровкин В.С и др. Гидротехнические сооружения морских портов. Под ред. Альхименко А.И. СПб.: Изд-во «Лань», 2014, 427 с.
3. Баданин А.Н, Бугров А.К., Кротов А.В. Обоснование первой критической нагрузки на зернистую среду супесчаного основания. Инженерно строительный журнал, № 9, 2012, с 29-34.
4. Смирнов Г.Н. и др. Порты и портовые сооружения. М.: АСВ, 2003. 463 с.
5. Гуревич В.Б. Речные портовые гидротехнические сооружения. М.: Транспорт, 1969, 415 с.

УДК 627

Г.В.Одинокова, В.В.Пигулина, В.С.Коровкин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕКОНСТРУКЦИЯ СЛИПА К СПУСКУ БУКСИРА ДЛЯ СЕВЕРНОГО ПУТИ

Несмотря на нескончаемые санкции стран НАТО с целью дестабилизации России, основные приоритетные направления развития народного хозяйства продолжают развиваться и страна постепенно выходит из стагнации.

В связи с перспективами развития Северного пути и создания современной инфраструктуры вдоль арктического побережья, востребованной газо- и нефтедобытчиками, перевозчиками т.д. начал претворяться в жизнь комплексный транспортный проект [1]. Одним из его звеньев является использование буксиров, предназначенных для работы в арктических условиях. На одном из судоремонтных заводов строительство таких буксиров, более тяжелых по сравнению с обычными, потребовало проверки несущей способности существующих спусковых путей продольного слипа переменного уклона (рис. 1).

Для судовозных путей используют шпально-балластное, плитно-балочное и свайное основание [2, 3].

Надводный участок судовозных путей включают железобетонную плеть шириной 6,98 м, длиной 41,00 м, собранную из сборных железобетонных плит. Подводный участок судовозных путей включают (рис. 1): железобетонную плеть длиной 68,10 м; переходной участок из железобетонных шпал длиной 3,10 м и участок из железобетонных балок длиной 23,46 м. Расчетная нагрузка на участок плети судовозного пути от двух спаренных носовых тележек с учетом баксового давления приведена на рис. 2.

При расчете плиты использовалось несколько методик: метод Горбунова-Посадова и расчет балок по методу Корневица и Эндера, которые показали близкие результаты.

Исходные данные: Расчетная схема на рис. 2, при $q = 54,3 \text{ тс/м}^2$, $l = 3,5 \text{ м}$ – полудлина плиты, $b = 1 \text{ м}$.

Решение по методу Горбунова-Посадова базируется на основе теории упругости и зависит от показателя гибкости плиты t [4].

$$t \approx 10E_{\Gamma}l^3/E_6h^3 = 10 \cdot 3800 \cdot 3,5^3 / 3.31 \cdot 10^6 \cdot 0,22^3 = 46,3 \approx 50.$$

При показателе гибкости плиты $t \approx 50$ плита достаточно гибкая [4].



Рис. 1. Вид сверху на существующие судовозные пути судостроительного завода

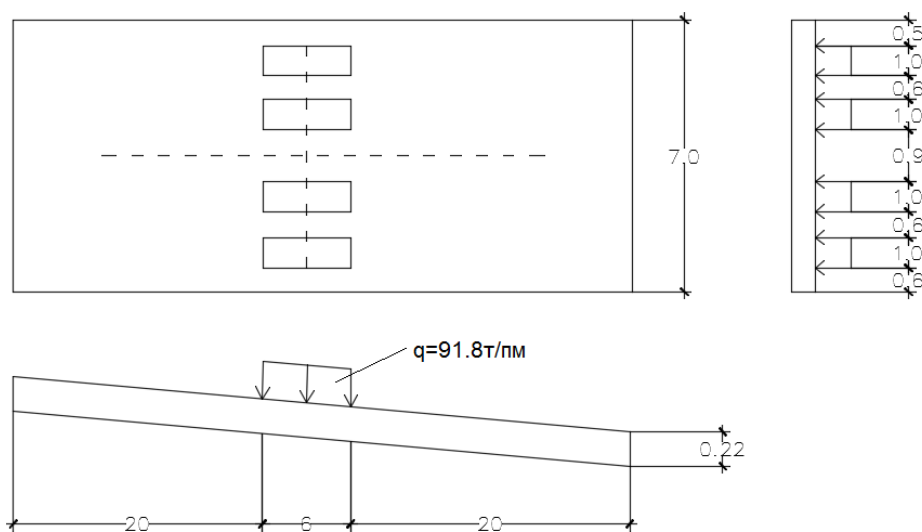


Рис. 1. Расчетная схема судовозного пути с полосовой нагрузкой

Действующие значения R , Q , M в нагруженной сплошной равномерной нагрузкой полосе шириной 1,0 м определяется при помощи выражений:

а) Реактивное давление под подошвой плиты.

$R = R^1 q = 0,97 \cdot 54,3 = 52,7 \text{ тс/м}^2 > [R] = 30 \text{ тс/м}^2$ (СНиП 2.02.01.83). Максимальное реактивное давление превышает расчетное сопротивление грунта.

б) Максимальная величина перерезывающей силы равна:

$$Q = Q^1 q l b = 0,045 \cdot 54,3 \cdot 3,5 \cdot 1 = 8,55 \text{ тс.}$$

в) Максимальная величина изгибающего момента в грунте:

$$M = M^1 q l^2 b = 0,022 \cdot 54,3 \cdot 3,5^2 \cdot 1 = 14,63 \text{ тсм.}$$

г) Расчетный изгибающий момент с учетом коэффициента сочетания нагрузок равен:

$$M_p = \gamma_{ic} \gamma_n \gamma_{ff} \gamma_{ca} M = 1 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 1,05 M = 1,58 M = 23,1 \text{ тсм,}$$

где γ_{ic} – коэффициент сочетания нагрузок; γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения; γ_f – коэффициент надежности по нагрузке; γ_{ca} – коэффициент дополнительного условия работы (СНиП 33-01-2003).

д) Максимальное смещение плиты под нагрузкой с учетом интерполяции

$$\Delta = 100\Delta_{100}/E_r \approx 100 \cdot 28,5/380 \approx 75 \text{ мм},$$

где Δ_{100} смещение плиты шириной 7,0 м полученное по интерполяции при $E_r = 100 \text{ кгс/см}^2$.

При существующей толщине плиты 22 см максимальное реактивное давление превышает расчетное сопротивление грунта, а максимальный прогиб близок к предельному (1/600).

Определение необходимой толщины плиты при заданном изгибающем моменте (расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до сжатой грани плиты) [5]:

$$h_0 = (M_{\max}/A_0 b R_b)^{0,5} = (23,4 \cdot 10^5 / 0,13 \cdot 100 \cdot 175)^{0,5} = 32,5 \approx 33 \text{ см}.$$

При вычисленном изгибающем моменте требуется высота сечения плиты порядка 40 см, поэтому высота существующей плиты 22 см явно недостаточна. Требуется реконструкция судовозных путей путем замены судовозных плит.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Warming Revives Dream of Sea Route in Russian Arctic. // The New York Times, 18.10.2011.
2. Смирнов Г. Н., Аристархов В.В., Левачев С.Н., Сидорова А.Г., Корчагин Е.А. Порты и портовые сооружения. М.: Изд-во АСВ, 2003, 463 с.
3. Кульмач, П.П., Филиппенко В.З., Заритовский Н.Г. Морские гидротехнические сооружения. Ч. II, Причальные, шельфовые и берегоукрепительные сооружения. Л.: ЛВВИСУ, 1991, с. 391.
4. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А. Расчет конструкций на упругом основании. М. Стройиздат. 1973, 607 с.
3. Страхов Д.А., Соколов В.А., Михеев П.Ю. Проектирование сборной железобетонной ребристой плиты покрытия. СПб. Изд-во Политехн. ун-та. 2008, 37 с.

УДК 528

Ю.К.Омелько, Н.Д.Беляев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Основным документом, регламентирующим вопросы обследования причальных, оградительных и берегоукрепительных сооружений, является ГОСТ Р 54523–2011 [5]. В этих правилах содержится информация об объектах мониторинга, методах и средствах контроля технического состояния сооружений, об оценке состояния всех видов конструкций. Отдельно рассмотрены обследования технического состояния надводных и подводных частей сооружений, а также заглубленных частей.

Одной из важных стадий обследования портовых гидротехнических сооружений является контроль планово-высотного положения. Данный процесс проводится с использованием геодезических инструментов и состоит из определения размеров и положения сооружения и отдельных его элементов, выявления горизонтальных и вертикальных смещений (деформаций), сравнения технического состояния частей сооружения с эксплуатационными характеристиками.

Рекомендуется производить геодезические наблюдения за деформациями со следующей периодичностью:

- на сезонных причальных сооружениях – перед началом или после эксплуатационного периода;

- на круглогодично работающих портах – сразу после завершения наиболее интенсивного эксплуатационного периода;
- на оградительных и берегоукрепительных сооружениях – после штормов, волнение которых достигло 5 баллов.

Измерение деформаций следует производить каждый год в течение первых 5-10 лет после возведения сооружения, а также измерения необходимо проводить при появлении трещин или при увеличении нагрузок.

Измерения вертикальных и горизонтальных смещений сооружений проводятся с использованием опорных и наблюдательных сетей. Каждая из этих сетей представляет собой систему геодезических марок и реперов, заложенных в местах, где эти геодезические знаки не претерпевают смещений. Перед проведением измерения смещений гидротехнических сооружений закладываются исходные геодезические знаки – реперы, составляющие основу опорной сети: глубинные, грунтовые реперы и стенные марки.

Для определения осадок (вертикальных смещений) бетонного сооружения проводится нивелирование высотных контрольных марок: трубы-марки, боковой марки, поверхностной марки. На причалах и направляющих палах на каждую из секций приходится по 1-2 марки. На бетонной плотине поверхностные марки расположены по обеим сторонам температурно-осадочных швов, устоев и т.д.

Вертикальные смещения могут быть измерены следующими методами:

- геометрическим нивелированием;
- тригонометрическим нивелированием;
- гидростатическим нивелированием;
- фотограмметрическим способом.

Горизонтальные смещения гидротехнических сооружений могут быть определены нижеперечисленными методами:

- створных наблюдений;
- параллактических углов;
- отдельных направлений;
- триангуляции;
- полигонометрии;
- трилатерации;
- комбинированным;
- фотограмметрическим.

Точность измерения горизонтальных смещений составляет ± 5 мм, вертикальных – ± 3 мм [6, 7, 9, 10].

В соответствии с ГОСТ Р 54523–2011 были организованы геодезические работы при обследовании и мониторинге ГТС различных типов, например, таких как: достроечные набережные [2-4] и подходная дамба [1].

При обследованиях глубоководной достроечной набережной на р. Неве, проводимых в 2003 и 2011 гг., использовались разные методы измерений. В 2003 году измерения выполнялись нивелиром и теодолитом, в данном случае был применен метод магистрального нивелирного хода и поперечников. Вдоль набережной был проложен магистральный нивелирный ход, где через каждые 100 м закладывались временные реперы. Отметка первого из этих реперов была получена от ближайшего пункта геодезической сети, координаты и высотная отметка которого была известна. Также на протяжении нивелирного хода через каждые 5 м были разбиты пикетажи и намечены поперечники. Нивелирование было произведено в прямом и обратном направлениях, затем были найдены отметки временных реперов. После этого были получены отметки пикетажей поперечников и характерных точек.

В 2011 году геодезические измерения проводились с помощью электронного тахеометра, который обладает более высокой точностью, нежели приборы, использовавшиеся в 2003 году. По причине высокой точности прибора, тахеометрический ход включал в себя всего четыре станции. Схема расположения речных точек полностью соответствовала схеме 2003 года. На каждый из пикетов ставилась веха с отражателем, и по ним с помощью тахеометра определялись координаты и высотные отметки.

Также примером обследования и мониторинга гидротехнических сооружений с помощью геодезических измерений может служить закладка геодезических измерительных марок и дальнейшее наблюдение за деформациями в морском торговом порту Усть-Луга в 2010-2011 гг. После установки поверхностных и глубинных марок (рис. 1), по ним проводилось наблюдение за деформациями, для чего был проложен нивелирный ход между опорными знаками. В первые два месяца мониторинга геодезические наблюдения проводились с периодичностью 1 раз в 10 дней. По результатам этих измерений были составлены графики вертикальных и горизонтальных смещений.



Рис. 1. Поверхностная и глубинная марки

В последние годы произошло кардинальное обновление имеющихся геодезических приборов различного назначения и стали широко применяться принципиально новые устройства.

Все большее распространение получает метод спутникового позиционирования. По сравнению с традиционными методами геодезических измерений, спутниковые методы имеют ряд преимуществ: возможность выполнения работ вне зависимости от погодных условий и времени суток; осуществимость объединения плановых и высотных сетей; отсутствие необходимости установки геодезических знаков, связанная с тем, что использование спутникового метода не предполагает обеспечение полной видимости между смежными опорными пунктами.

На данный момент функционирующими системами позиционирования являются ГЛОНАСС и Navstar. С помощью этих систем можно получить координаты точек тремя методами, выбор которых зависит от требуемой точности измерений:

- автономная навигация – точность до 100 м для гражданских потребителей и до 20 м для военных;
- дифференциальное координирование (DGPS) – точность 0,5-5 м.
- дифференциальные фазовые измерения – точность 0,5-20 мм.

Дифференциальные фазовые GPS измерения имеют распространение в геодезии в связи с довольно высокой точностью. Но данный метод включает в себя большое количество статистических вычислений. Суть этого метода заключается в использовании двух GPS-приемников, один из которых расположен в точке с изначально известными координатами. Второй приемник может свободно передвигаться.

Недостатком использования спутникового позиционирования в геодезических целях является обязательное условие – досягаемость сигналов как минимум с четырех спутников. Следовательно, данный метод не может быть использован в закрытых помещениях [8, 11, 12].

В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

- необходимо совершенствование нормативной базы с уточнением конкретных методик использования новых геодезических приборов;

- должны быть определены рамки применения новых методов проведения измерений высотного и планового положения контролируемых точек.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Балашов Б.В. и др. Мониторинг насыпной дамбы, возводимой в МТП Усть-Луга на слабом грунтовом основании. Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 30. № 4. С. 10-16.
2. Балашов Б.В. и др. Анализ проблем, связанных с обследованиями портовых ГТС (на примере глубоководной достроечной набережной). Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. 2013. Т. 269. с. 110-117
3. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
4. Вилькевич В.В., Вилькевич Е.В., Беляев Н.Д. Особенности оценки состояния причальных сооружений на свайном основании с передней шпунтовой стенкой. Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. 2004. Т. 243. с. 123-130
5. ГОСТ Р 54523–2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга. технического состояния. М.: Стандартинформ, 2012
6. Ермаков В.С. и др. Инженерная геодезия. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации морских и воднотранспортных сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2001.
7. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Контроль качества строительства. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации водохозяйственных и гидротехнических сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
8. Михаленко Е.Б. и др. Инженерная геодезия. Использование современного оборудования для решения геодезических задач. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
9. Михаленко Е.Б. и др. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы, исполнительные съемки и наблюдения за деформациями сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 88 с.
10. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Загрядская Н.Н. Инженерная геодезия. Наблюдения за техническим состоянием и деформациями при строительстве и эксплуатации сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
11. Михаленко Е.Б. и др. Инженерная геодезия. Современные методы геодезических измерений с использованием искусственных спутников Земли. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та., 2009.
12. Михаленко Е.Б. и др. Инженерная геодезия: учебное пособие по геодезической практике. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.

УДК 626

П.Е.Панютина, И.Е.Фролова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ГИДРОУЗЛОВ НА РЕКЕ ОРЕДЕЖ

Данная статья посвящена обзору современного технического состояния гидротехнических сооружений, входящих в состав гидроузлов на реке Оредеж в Ленинградской области.

Река Оредеж берет начало на южном склоне Ижорской возвышенности Силурийского (Ордовикского) плато в месте выхода ключей из водоема, образованного выработками Кюрлевского карьера, и впадает в реку Луга с правого берега на расстоянии 194 км от ее устья. Длина реки – 192 км, а общая площадь ее водосбора 3 220 км² (приводится без учета подземного питания). В верхней части бассейна Оредеж получает обильное грунтовое питание за счет карстовых вод Силурийского плато [2].

Гидроузлы на реке Оредеж представляют собой каскад из пяти бывших малых ГЭС и расположены в Гатчинском районе Ленинградской области (рис.1) [4, 5].

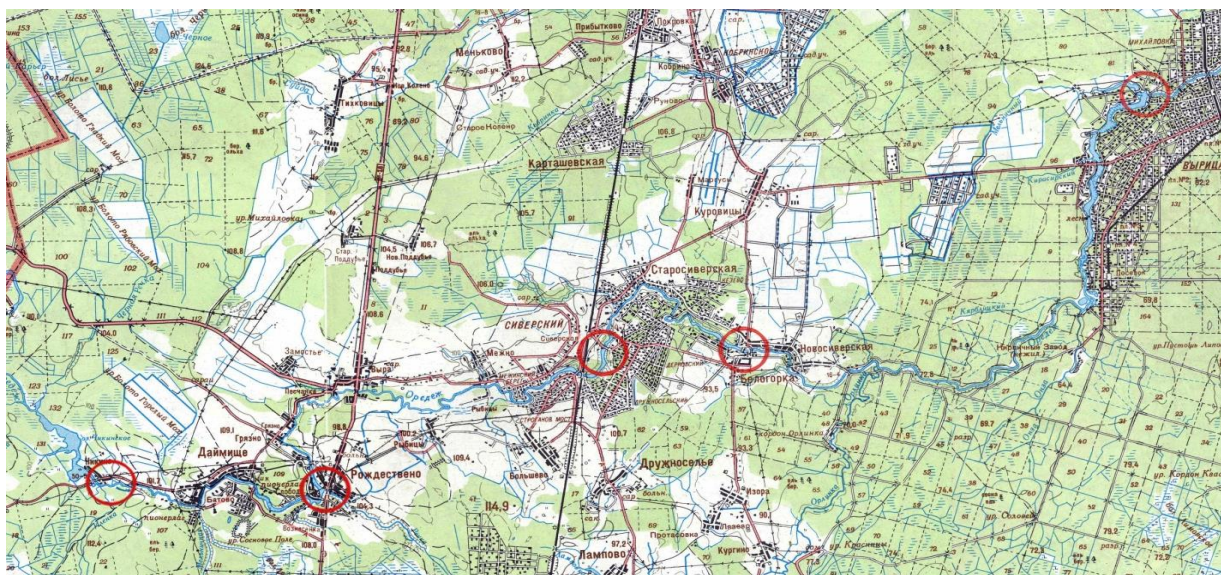


Рис. 1. Каскад малых ГЭС на р. Оредеж

Каскад состоит из Даймищенского, Рождественского, Сиверского, Белогорского и Вырицкого гидроузлов, находящихся на следующих расстояниях от устья реки: Даймищенский гидроузел – 177 км, Рождественский гидроузел – 168 км, Сиверский гидроузел – 156 км, Белогорский гидроузел – 146 км, Вырицкий гидроузел – 124 км.

Состав сооружений, входящих в вышеперечисленные гидроузлы, практически одинаков. Перечень их приведен в таблице 1 [2].

Таблица 1

Наименование	Состав сооружений
Даймищенский (Чикинский) гидроузел	Водохранилище, правобережная и левобережная грунтовые плотины, водосброс, здание ГЭС с подводящим и отводящим каналом.
Рождественский гидроузел	Водохранилище, правобережная и левобережная, русловая грунтовые плотины, паводковый водосброс, здание ГЭС с водопроводящим лотком и отводящим каналом.
Сиверский гидроузел	Водохранилище, правобережная и левобережная грунтовые плотины, паводковый водосброс, здание ГЭС с водопроводящим трактом.
Белогорский гидроузел	Водохранилище, правобережная и левобережная грунтовые плотины, паводковый водосброс, здание ГЭС с водопроводящим трактом.
Вырицкий гидроузел	Водохранилище, правобережная и левобережная грунтовые плотины, паводковый водосброс, здание ГЭС с водопроводящим трактом

Первоначальное проектное назначение гидроузлов – выработка электроэнергии. Однако в 1970 годах все оборудование гидроэлектростанций было демонтировано. Водопроводящие тракты были закрыты затворами со стороны верхнего и нижнего бьефов.

В настоящее время гидроузлы носят рекреационное назначение.

Проведенное визуальное обследование и знакомство с существующими данными о техническом состоянии гидротехнических сооружений Оредежского каскада показали, что все сооружения требуют немедленного ремонта и восстановления.

Так, у грунтовых плотин разрушены крепления верхового откоса и дренажные устройства со стороны нижнего бьефа (рис. 2). В некоторых из них в период паводка образовались прораны, впоследствии восстановленные с помощью шпунтовых стенок засыпанных грунтом.



Рис. 2. Разрушения грунтовой плотины Вырицкого гидроузла



Рис. 3. Состояние водосбросов Рождественской ГЭС

Водосбросы также находятся в аварийном состоянии (рис. 3):

- разрушены пазовые конструкции и бетонные поверхности разделительных быков;
- шандорные щиты не обеспечивают герметичности;
- отсутствуют подъемные механизмы. Паводок пропускается через щели в щитах или переливом через них;
- разрушены пазовые конструкции и бетонные поверхности сопрягающих устоев;

- бетонная поверхность водослива находится в удовлетворительном состоянии, на поверхности наблюдается биообрастания;
- в бетонной поверхности разделительных устоев имеются отверстия глубиной до 40 см;
- сопряжение с водосливной поверхностью плотины не плотное, имеются подмывы;
- наличие трещин с шириной раскрытия более 3 см в водобойной плите;
- на рисберме обнаружены навалы железобетонных конструкций, арматурных стержней, и прочего бытового и строительного мусора.

Состояние нескольких гидроузлов особенно плачевно: так, например, дорога, проходящая через плотину Сиверской ГЭС, по причине многочисленных дефектов, была закрыта для использования.

Для более полного представления о разрушениях сооружений гидроузлов на реке Оредеж необходимо провести детальное их обследование и наметить пути решения реконструкции, необходимость которой очевидна хотя бы из того, что разрушение сооружений может привести к затоплению прилегающих населенных пунктов [1, 3].

Проведенный анализ состояния выше названных сооружений позволил выбрать Белогорский гидроузел для дальнейшего изучения, проектирования и рекомендации по его реконструкции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 22.1.02-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. – М.: Издательство стандартов, 1996.
2. Декларация безопасности ГТС Оредежского каскада. СПб.: ООО «НПК Проектводстрой», 2008.
3. О безопасности гидротехнических сооружений. Закон РФ № 117-ФЗ. Принят Госдумой 23.06.1997 г. Утвержден 21.07.1997.
4. Паспорт гидротехнического сооружения. Белогорская ГЭС. СПб.: ООО «НПК Проектводстрой», 2005.
5. Регламент регулирования уровней воды в водохранилищах Оредежского каскада во время половодья 2002 г., Ленводпроект, 2002 г.

УДК 629.123

А.А.Папин, П.П.Власов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМЫ НАДВОДНОЙ И ПОДВОДНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Российской Федерации принадлежит около 21% шельфа Мирового океана, при этом площадь наиболее перспективного и доступного для бурения шельфа превышает 60% площади ее акваторий. Общеизвестно высокий углеводородный потенциал шельфа России – суммарный объем извлекаемых ресурсов ведущие отечественные специалисты оценивают в 100 млрд. т.у.т. (оценки зарубежных экспертов существенно ниже), из которых свыше 85–90% сосредоточено в морях Арктики. Россия владеет крупными в планетарном масштабе ресурсами углеводородного сырья (свыше 20–25% мировых) и активно занимается их освоением. С целью повышения показателя нефтеотдачи, для анализа направления тока пластовых флюидов и последующей добычи нефтепродуктов должна быть проведена предварительная сейсморазведка [1].

В настоящее время большинством учёных-нефтяников признается, что самые большие запасы природного газа на Земле сконцентрированы в полярных регионах из-за повышенного значения гравитационного поля в данных регионах Земли [2]. Следовательно, высокими перспективами характеризуется глубоководная зона Северного Ледовитого океана

и континентальный склон арктических морей. Однако сезонный характер работы в летне-осеннее время значительно тормозит процесс изучения и освоения ресурсов углеводородов.

Основная на сегодняшний день специфика проведения морской сейсморазведки в условиях арктических морей РФ – это возможность вести работы только в течение двух-трех месяцев безледовой обстановки с дополнительными ограничениями по штормовой погоде. В остальное время сервисные компании вынуждены работать по зарубежным контрактам в теплых морях или простаивать в портах [3]. Существует технология, подразумевающая использование двух ледокольных судов разного класса, первое из которых формирует за собой безледовый след, а на втором расположено сейсморазведочное оборудование [4]. Принцип современной морской разведки (рис. 1) в целом представляет собой разворачивание за исследовательским судном сейсмокос с сейсмографами и получение информации о земной коре с залегающими в ней пластами посредством приема отраженных или преломленных волн, посланных с сейсмокос.

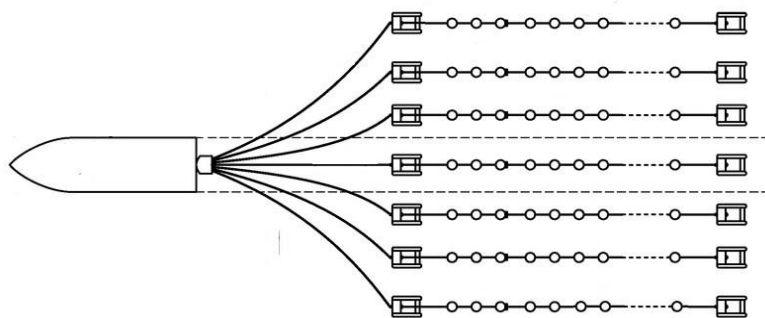


Рис. 1. Морская разведка с использованием сейсмокос

Однако применение данной технологии в тяжелых ледовых условиях крайне затруднительно и чревато потерей оборудования. Попытки реализации 3D сейсморазведки с несколькими плавающими сейсмокосами даже не в самых тяжелых ледовых условиях угрожает возникновением крупных аварийных ситуаций. Как следствие, освоение месторождений в районах с постоянным ледовым покровом крайне затруднительно при условии использования имеющихся надводных технологий.

Таким образом, целью работы является выявление недостатков и обозначение проблем морской сейсморазведки, ориентированной на арктический шельф Российской Федерации, и предложение вариантов для их решения.

На основании проведенного исследования НИОКР и опытно-методических работ в области подводной сейсморазведки были выявлены следующие проблемы:

1. Недостаток технологий для осуществления сейсморазведочных работ в регионах с повышенной ледовой обстановкой – существующее на международном рынке подводное оборудование не покрывает весь технологический процесс освоения месторождений полностью.
2. Санкционная ситуация накладывает определенные ограничения и приводит к дополнительным рискам, связанным с использованием импортного оборудования.
3. Невозможность на данном этапе развития исключить использование производимого за рубежом дорогостоящего оборудования и, как следствие, повысить уровень локализации.
4. Отсутствие в мировой практике прототипов и технологической базы по данной тематике, так как технологии являются инновационными и до сегодняшнего дня не применялись.

Для решения вышеизложенных проблем рассмотрены возможные варианты конструктивного исполнения средств подводной сейсморазведки. Прежде всего, разработка совершенно новых технологий подводно-подледной сейсморазведки, основанных на

использовании подводного судна-носителя геофизического оборудования [5]. Наиболее целесообразным транспортным средством для производства подводных работ является атомная подводная лодка (АПЛ) как базовое научно-исследовательское судно, способное длительное время работать подо льдами и оснащенное высококачественной системой шумоподавления. Применение подводного аппарата позволит уйти от сезонной и погодной зависимости, что значительно повышает эффективность сейсморазведки в центральной глубоководной части Северного Ледовитого океана и в арктических и субарктических морях [6]. Так как для распространения сейсмических волн нет принципиальной разницы, где расположен источник колебаний – на поверхности воды или под водой – возможно несколько вариантов исполнения для подводной лодки-сейсморазведчика [4]. Во всех вариантах пункт возбуждения сигнала целесообразно расположить под днищем АПЛ, что касается пункта приема, он может быть расположен:

- на поверхности льда;
- в виде буксируемых стабилизированных на одной высоте сейсмококс;
- на дне моря.

Также можно использовать батискафы в качестве вспомогательного научно-исследовательского судна как в пилотируемом, так и в беспилотном варианте [7].

Должны быть разработаны технологии подводного сейсмического мониторинга (сейсморазведка 4D) для всех стадий освоения месторождений, включая этапы бурения поисково-разведочных и эксплуатационных скважин и нефтегазодобычи. Благодаря сейсморазведке 4D повысится эффективность и экологическая безопасность освоения морских месторождений [8], что в арктических условиях особенно важно.

Помимо этого, возможны варианты стационарных средств сейсморазведки с установкой их на дне. При выборе данного варианта необходимо исследовать возможные схемы их постановки, позиционирования, варианты считывания полученной информации, а также схемы их возвращения.

Таким образом, вопрос об исследовании в области разработки вышеперечисленных аппаратурных и методических решений, задач подлёдной навигации стоит очень остро. На сегодняшний день на рынке отсутствует подводное буровое оборудование, подводные источники электрической энергии, технические средства и подводные технические средства для проведения сейсморазведочных работ. Ни в России, ни в других странах нет подводных геологоразведочных судов. Поэтому исследование и последующее создание собственных отечественных технологий геолого-геофизического изучения Арктики и последующей добычи минерального сырья является решением проблемы освоения ресурсов России.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богдавленский В. И., Торопов Е.Е. Сейсморазведка на акваториях Арктики в ледовых условиях // Материалы международной конференции Offshore Marintec Russia – 2016 и 16-го Петербургского международного энергетического форума. СПб.: Химиздат, 2016. 325 с.
2. Горбачев Ю.И., Калинин А.В., Попов М.Г., Селиверстов Н.И., Хмелевской В.К., Шевнин В.А. Геофизические методы исследований. Учебное пособие для геофизических специальностей вузов. Петропавловск-Камчатский; Издательство КГПУ, 2004 г. 227 стр.
3. Корабел.ру [Электронный ресурс]: источник содержит информацию о современной специфике морской сейсморазведке. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.korabel.ru/news/comments/podvodnye_kamni_morskoy_seysmorazvedki_chast_1.html – Загл. с экрана.
4. Левицкий Н.В., Детков В.А. О технологии сейсмических исследований глубоководных районов дна Северного Ледовитого океана // Технологии сейсморазведки. № 3, 2010 г. С. 104
5. Фонд перспективных исследований [Электронный ресурс]: источник содержит информацию о разработках и исследованиях в сфере освоения арктического шельфа. – Электрон. дан. – Режим доступа <http://fpi.gov.ru/press/news/20161006>: – Загл. с экрана.

6. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб: Изд-во «Лань», 2003. 283 с.;
7. Костылев К.А., Костылев К.А., Зуев В.А. Подводно-подледная донная сейсморазведка // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6, 30-34 с.
8. Суконкин С.Я., Торопов Е.Е., Семенов В.Б. Стационарные и мобильные средства подводной сейсморазведки // Материалы международной конференции Offshore Marintec Russia – 2016 и 16-го Петербургского международного энергетического форума. СПб.: Химиздат, 2016. 325 с.

УДК 621.039

К.Г.Рагулин, А.Д.Кузина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ШЕЛЬФОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В АРКТИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Рост мировой потребности в углеводородном сырье и истощение его запасов на суше активизировали в последние десятилетия поисково-разведочные работы в акваториях морей и океанов, приведшие к существенному росту морской нефтегазодобычи. В последние годы доли морской нефти и газа от мирового объема добычи превышают 30%.

Россия обладает около 21% шельфа Мирового океана (свыше 6 млн. км²), при этом наиболее перспективный и доступный, с точки зрения бурения, шельф превышает 60% площади ее акваторий [1, 2, 3].

Арктические ресурсы нефти и газа являются стратегическим резервом топливно-энергетического комплекса России, обеспечивающим энергетическую безопасность России в XXI веке (рис. 1). Это обуславливает актуальность проведения геологоразведочных работ и освоения арктических шельфовых месторождений в настоящее время и является одним из основных долгосрочных направлений устойчивого развития энергетической политики России [4]. Цель данной работы – рассмотреть перспективы развития шельфового строительства нефтегазодобывающей промышленности в Арктике с применением атомной энергетики (АЭ).

Разработка и обустройство месторождений на Арктическом шельфе требует огромных капиталовложений. И здесь главный вопрос – обеспечение арктических нефтегазовых промыслов электроэнергией.

Сегодня для освоения шельфовых углеводородных ресурсов, в первую очередь замерзающих морей, интенсивно развиваются инновационные подводные промыслы, при которых все оборудование делается в подводном исполнении. В ледовых условиях Арктического шельфа это единственно возможный способ, так как значительная часть акватории Арктики круглый год покрыта льдами, и месторождения могут быть значительно удалены от берега.

Сейчас для обеспечения энергией морских нефтяных и газовых месторождений используют углеводородные энергетические установки. Их размещают на платформах или на берегу, откуда передают электроэнергию по подводному кабелю. В Арктике удаленность от берега составляет порой много сотен километров. К этому нужно прибавить постоянный ледовый покров. Все это значительно осложняет или вовсе исключает передачу электроэнергии по подводному кабелю. С экологической точки зрения, высокий уровень установленных мощностей и их долгая работа (в течение десятилетий), в случае использования углеводородного топлива повлечет за собой огромные выбросы парниковых газов в атмосферу и увеличит вероятность разливов жидкого топлива в океане [5].

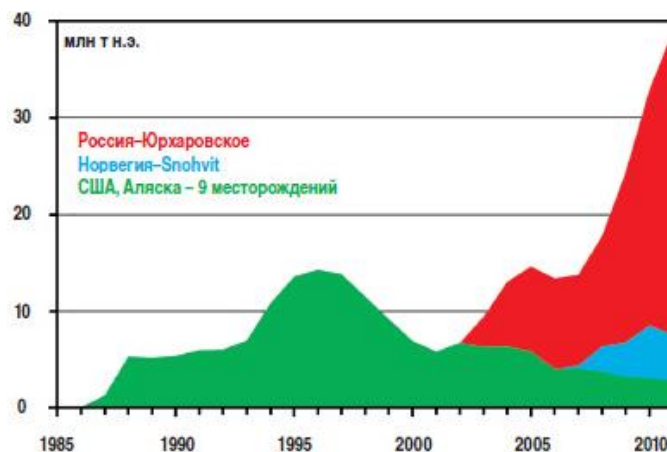


Рис. 1. Добыча углеводородов на шельфе Арктики [7]

Проблему предотвращения загрязнений водной среды и ликвидации последствий разливов нефтепродуктов усугубляет наличие ледяного покрова на поверхности воды. Важность проблемы состоит в том, что количество кислорода, растворенного в воде, при наличии ледяного покрова уменьшается, в ряде случаев весьма значительно. Наличие нефтепродуктов, потребляющих в процессе естественного окисления кислород, увеличивает опасность гибели гидробионтов [6]. Кроме того, ситуацию в акваториях Арктического шельфа усложняет обледенение судов, плохая видимость из-за туманов и протяженного зимнего периода.

Следовательно, в условиях Арктического шельфа главное требование к энергетическим установкам – повышенная надежность и минимальное воздействие на окружающую среду. Не менее актуально требование минимального обслуживания вплоть до полной автономности энергетической установки.

Таким условиям идеально отвечают действующие и проектируемые судовые АЭУ (атомные энергетические установки) и объекты на их основе.

Судовую АЭ отличают:

- упрощенная конструкция;
- индустриальное серийное производство;
- минимальное обслуживание вплоть до полного отсутствия такового в процессе работы;
- наличие инфраструктурного обеспечения реализации всего жизненного цикла судовых АЭУ от проектирования до утилизации [5].

Экономика атомного энергообеспечения нефтегазового производства на Арктическом шельфе требует глубокого всестороннего сравнительного с альтернативной энергетикой анализа.

Атомное энергообеспечение подводно-подледных нефтегазовых промыслов на Арктическом шельфе должно планироваться и осуществляться на основе системного подхода к организации их жизненного цикла. После окончания срока службы никакие элементы технических систем не должны оставаться в акватории.

Одним из интересных примеров использования атомной энергетики в освоении Арктического шельфа – попытки Росатома (Минатома в прошлом) «конверсии» атомной подводной техники в мирный бизнес. В начале 90-х годов XX века возникла политическая необходимость, которая заставила уничтожить советский атомный подводный флот в короткие сроки. Появилась идея использования выведенных из эксплуатации атомных подводных лодок третьего поколения для перевозки грузов подо льдами Северного морского пути, снабжая промышленные города Заполярья, но в следствие высокой стоимости

эксплуатации и неопределенности ситуаций с ядерной и радиационной безопасностью кораблей, бизнес сошел на нет.

Климатические и погодные условия в Арктике делают добычу природного газа с надводных буровых платформ практически невозможным. В связи с этим, была предложена идея использования для бурения и добычи природного газа на шельфе Карского и Баренцева морей с подводных платформ.

Атомное энергообеспечение добычи ресурсов нефти и газа Арктического шельфа может стать базовой технологией, на основе которой появятся новые технические решения в подводно-подледных технологиях разведки, добычи, подготовки и транспортировки скважинной продукции [5]. Однако существуют опасения, основанные на освоении месторождений нефти и газа в Арктике, поскольку этот регион является наиболее уязвимым на планете, которые не может выдержать большой промышленной нагрузки [8].

Выводы:

1. Атомная энергетика – наиболее экологически чистый способ генерации универсальной энергии для освоения ресурсов Арктического шельфа, если исключить возможные аварии на сооружениях [5];
2. По данным МАГАТЭ, риски отдаленных негативных последствий для населения от воздействия АЭ в десятки и сотни раз меньше, чем риски от энергетике углеводородной [5];
3. Освоение Арктического шельфа сопряжено с многочисленными экологическими рисками, осложненными использованием атомной энергетике. В случае возникновения аварийной ситуации будет затруднительно или даже невозможно провести операцию по ликвидации последствий [8];
4. Стоимость освоения месторождений Арктики требует в 4-5 раз больше инвестиционных вложений по сравнению с южными регионами;
5. Одновременно со строительством объектов атомной энергетике должны предлагаться планы по их комплексной утилизации, особенно в области отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов, понятные населению тех. регионов, где планируется подобное строительство [8].
6. Безопасность нефтегазового производства в условиях Арктического шельфа на базе атомного энергообеспечения требует оптимизации правовых, институциональных и технических решений [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богоявленский В.И. Углеводородные богатства Арктики и Российский геофизический флот: состояние и перспективы. Морской сборник. М.: ВМФ, 2010, №9. С. 53-62.
2. Богоявленский В.И. Нефтегазодобыча в Мировом океане и потенциал российского шельфа. ТЭК стратегии развития. М.: 2012, №6. С. 44-52.
3. Лаверов Н.П., Дмитриевский А.Н., Богоявленский В.И. Фундаментальные аспекты освоения нефтегазовых ресурсов Арктического шельфа России // Арктика: экология и экономика. 2011. №1. С. 26-37.
4. Cyberleninka [Электронный ресурс] / Ключевые проблемы и особенности освоения месторождений углеводородов на шельфе арктических и дальневосточных морей – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/klyuchevye-problemy-i-osobennosti-osvoeniya-mestorozhdeniy-uglevodorodov-na-shelfe-arkticheskikh-i-dalnevostochnykh-morey>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Научная Россия [Электронный ресурс] / Атомная энергетика для арктического шельфа – Режим доступа: <http://scientificrussia.ru/partners/fgup-rnts-kurchatovskij-institut/atomnaya-energetika-dlya-arkticheskogo-shelfa>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
6. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб.: Изд-во «Лань», 2003.

7. Бурение & Нефть [Электронный ресурс] / Перспективы и проблемы освоения месторождений нефти и газа шельфа Арктики – Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-11/1>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус.
8. Bellona [Электронный ресурс] / Применение атомных технологий для работы на Арктическом шельфе опасно и экономически не оправдано – Режим доступа: <http://bellona.ru/2008/12/18/primenenie-atomnyh-tehnologij-dlya-ra/dlya-ra/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

УДК 627

К.Г.Рагулин, А.Д.Кузина, В.С.Коровкин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ БОЛЬВЕРКА С РАЗГРУЗОЧНОЙ ПЛИТОЙ

Для уменьшения бокового давления грунта засыпки на шпунтовую стенку установлена разгрузочная плита (рис. 1). Эффект использования разгрузочной плиты состоит в том, что за счет нее вертикальная нагрузка от веса вышележащего грунта как бы отодвигается от стенки, что приводит к благоприятному понижению ординат бокового давления грунта засыпки [1].

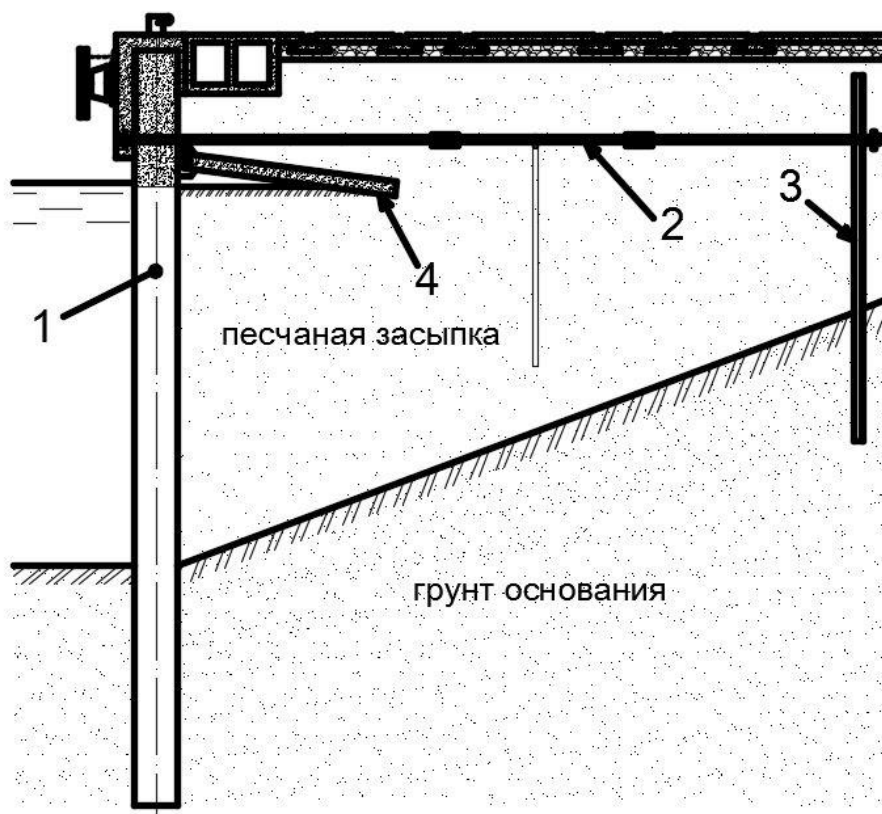


Рис. 1. Заанкеренный бошверк с разгрузочной плитой:
1 – трубошпунт; 2 – анкерная тяга; 3 – анкерная стенка; 4 – разгрузочная плита

Заанкеренная стенка в расчетном отношении представляет собой балку, в верхней части шарнирно закрепленную к анкерному устройству, а в нижней части погруженную в грунт. Характер деформации такой стенки и напряженное состояние зависят от ее гибкости, податливости анкерной опоры, глубины погружения в грунт, закона распределения бокового давления грунта засыпки по высоте и так далее.

Для расчета причальной стенки в виде заанкерованного больверка использовался метод зеркального отображения с применением программного комплекса SCAD (2005 г.) и ручной графоаналитический метод упругой линии (1933 г., метод Блюма-Ломейера).

Метод зеркального отображения – это инженерный метод, в котором более или менее учитываются все вышеперечисленные факторы. В основу метода зеркального отображения положен расчет заанкерованного больверка по программе SCAD в виде решения трех последовательных различных схем воздействия нагрузок на балку с тремя соответствующими условиями ее опирания.

В расчетной схеме метода зеркального отображения заанкерованный больверк представляет собой статически неопределимую балку с верхней податливой опорой и нижней упругой заделкой или смещаемой грунтовой опорой, с зависимым боковым давлением от деформации балки [2].

Первое приближение расчета балки использует кулоновскую эпюру (активное давление грунта). Указанное приближение совпадает с программой САПР-Гидротехника, разработанной на основе РД-31.31.55.93 [3], которой пользуются проектировщики. Второе приближение – используя зеркальное отображение нагрузки по анкерной реакции и реактивного давления грунта первой расчетной схемы, определяет действительное боковое давление на деформированную стенку. Третье приближение расчета аналогично первому, но использует действительную эпюру бокового давления на стенку.

Популярный в прошлом веке графоаналитический расчет больверков (метод упругой линии) использует силовой и веревочный многоугольники [4, 5]. С помощью этого расчета находят глубину погружения стенки, изгибающий момент M , и анкерную реакцию R . Этот метод подходит для гибкой стенки, погруженной в плотный грунт основания. Основное достоинство метода – простота, но в ущерб качеству. Указанный метод бездеформационен, так как в нем отсутствует учет влияния деформации стенки на боковое давление грунта. Кроме того, отсутствие в расчете жесткостных характеристик лицевой стенки и грунта основания искажает расчетную схему сооружения, которая при увеличении глубины погружения стенки всегда имеет защемление. Введение эмпирических коэффициентов в эпюру изгибающих моментов несколько улучшает расчет, но не может отразить всего многообразия факторов, воздействующих на сооружение [5].

Пример. Заанкерованный больверк из трубошпунта свободной высотой 15,5 м с разгрузочной плитой забит на глубину 10 м в мелкозернистый песок основания $\varphi = 26^0$.

Расчет выполнялся методом зеркального отображения и методом упругой линии. Сравнение результатов расчета методом зеркального отображения и графоаналитического расчета представлены в таблице 1 [1, 6].

Таблица 1

Сравнение результатов расчетов

Искомый параметр	Метод зеркального отображения		Графоаналитический метод Блюма-Ломейера
	Первое приближение	Третье приближение	
Максимальный изгибающий момент, кН·м	1084,12	814,98	1080,00
Реакция в анкерной тяге, кН	249,69	292,92	240,00
Прогиб стенки, мм	28,47	23,20	–

В результате сравнения расчетов можно сделать выводы:

1. Первое приближение зеркального отображения и графоаналитический расчет практически совпадают, так как используют кулоновскую эпюру активного давления грунта, при достаточно плотном грунте.

2. Значения максимального изгибающего момента в методе зеркального отображения первой расчетной схемы больше значения третьей на 269,14 кН·м (25%). Разница возникла вследствие уточнения эпюры давления грунта во второй расчетной схеме, которая учитывает распределение грунта засыпки.

3. В третьем приближении уточнено значение реакции в анкерной тяге в сторону увеличения на 43,23 кН, благодаря учету концентрации давления в анкерной зоне.

4. Значение максимального изгибающего момента, полученного в результате расчета методом зеркального отображения (третье приближение), меньше результата графоаналитического расчета на 265,02 кН·м (25%).

5. Величина реакции в анкерной тяге по графоаналитическому расчету занижена на 52,92 кН по сравнению с методом зеркального отображения.

Следовательно, метод зеркального отображения с учетом деформационных характеристик грунта и перераспределения эпюры давления грунта засыпки более точно отображает работу сооружения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Рагулин К.Г. Портовые гидротехнические сооружения на Черном море в районе Новороссийска [Электронный ресурс]: бакалаврская работа / К.Г. Рагулин; СПбПУ Петра Великого, ИСИ. Водохозяйственное и гидротехническое строительство, Санкт-Петербург, 2016.
2. Коровкин В.С. Инженерная кинематическая теория контактного давления грунта и ее приложение к статическому расчету причальных стенок. Инженерно-строительный журнал, № 6, 2013, 39-49с.
3. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений. РД 31.31.55-93, Москва, 1996.
4. Бреннеке Л., Ломейер Э. Основания и фундаменты, т II. Свайные фундаменты. М-Л.: Госстройиздат, 1933.
5. ВСН 3-80. Инструкция по проектированию морских причальных сооружений. Министерство морского флота СССР. М., 1980.
6. Коровкин В.С. Гидротехнические сооружения водных путей, портов и континентального шельфа. Расчет эксплуатируемых причальных сооружений с учетом реологических свойств основания и суровых климатических условий континентального шельфа: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 88 с.

УДК 627

А.И.Рошкованова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИЧАЛОВ №101(Б) И №101(В) БОЛЬШОГО ПОРТА САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

В работе выполнены следующие расчеты: определение необходимой навигационной глубины для постановки расчетного судна; определение параметров операционной акватории; определение энергии навала расчетного судна; проверка отбойной системы причалов; расчет допускаемых нагрузок; расчет внешних нагрузок (ветра, течения, волн) [1].

Причалы №101(б) и №101(в) расположены на южном берегу Угольной гавани и предназначены для перегрузки контейнеров и генеральных грузов. Исходные данные по естественным условиям приняты на основе паспортов сооружений [2, 3].

Максимальная осредненная скорость ветра 24 м/с, направление – запад-северо-запад. Высота волн 3%-ной обеспеченности в системе повторяемостью 1 раз в 50 лет – 0,70 м, средняя длина – 14,0 м. Максимальная скорость течения 0,15 м/с. Фактические глубины на причале №101(в) – от 9,3 м до 12,8 м; на причале № 101(б) – от 11,0 м до 12,8 м. Длина причала №101(б)

257,70 м, ширина 29,00 м. Длина причала №101(в) 221,25 м, ширина 29,0 м. Причал 101(б) оборудован десятью, а причал 101(в) девятью швартовными тумбами с расчетным усилием 800 кН. В качестве отбойных устройств на обоих причалах используются резиновые цилиндры в стальных рамах. Расчетное судно MSC «HANJIN BREMERHAVEN», контейнеровоз, длина 268,8 м, ширина 32,5 м, осадка 11 м, дедвейт 50818 т, высота борта 28 м, разрывное усилие швартовых канатов 80 тс.

Необходимую навигационную глубину определяют при самых неблагоприятных условиях в соответствии с п. 5.3.3 [4] по формуле:

$$H_H = T + z_6 + z_B + z_C + z_0, \quad (1)$$

где T – осадка судна в грузу, м; z_6 – минимальный навигационный запас по табл. 5.5 [4]; z_B – волновой запас на погружение оконечности судна при волнении по табл. 5.6 [4]; z_C – скоростной запас по табл. 5.7 [4]; z_0 – запас на крен и дифферент судна согласно табл. 5.8 [3].

$$H_H = T + z_6 + z_B + z_C + z_0 = 11,0 + 0,05 \times 11,0 + 0,0075 + 0,0 + 0,026 \times 32,5 = 12,40 \text{ м.}$$

Анализ съемки рельефа дна показал, что глубины акватории удовлетворяют минимальным требованиям. Однако рекомендуется приведение глубин до значений 12,4 м.

Важным условием при швартовке судов к причалам является недопущение превышения энергии навала судна энергопоглощающей способности системы причала. Установленные на причалах отбойные устройства должны воспринимать аномальную энергию навала судна при причаливании, которая вычисляется по формуле:

$$E_A = E_q \eta, \quad (2)$$

где η – коэффициент запаса; E_A – аномальная энергия причаливания; E_q – кинетическая энергия навала. Согласно [5] кинетическая энергия навала E_q определяется по формуле:

$$E_q = \psi \frac{W V_B^2}{2}, \quad (3)$$

где W – расчетное водоизмещение швартующегося судна, т; V_B – нормальная составляющая скорости подхода судна (табл. М.1 [5]), м/с; ψ – коэффициент причаливания. Коэффициент ψ вычисляется по формуле:

$$\psi = c_m c_e c_c c_s, \quad (4)$$

где c_m – коэффициент присоединенной массы (приложение М [5]); c_e – коэффициент эксцентриситета (приложение М [5]); c_c – коэффициент сквозности причала (приложение М [5]); c_s – коэффициент жесткости (приложение М [5]).

Тогда $\psi = c_m c_e c_c c_s = 1,7 \times 0,5 \times 0,9 \times 1,0 = 0,765$.

$$E_q = \psi \frac{W V_B^2}{2} = 0,765 \times \frac{50818 \times 0,08^2}{2} = 162,62 \text{ кДж}, E_A = E_q \eta = 162,62 \times 1,5 = 243,93 \text{ кДж.}$$

В соответствии с [6] при подходе судна к причалу энергия навала судна на сооружение воспринимается одним отбойным устройством. Энергоемкость отбойных устройств причалов составляет – 3,92 тс·м (38,4 кДж) на причале № 101 (в), 2,8 тс·м (27,4 кДж) на причале № 101 (б) и не соответствует расчетному значению энергии навала.

С целью соблюдения безопасности необходимо ограничить скорость подхода судов значением, меньше регламентируемого нормами [5, 6]. Предельно допустимое значение нормальной к поверхности сооружения скорости $V_{пр}$ подхода судов согласно [5] определяется по формуле:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{2E_0}{\psi D}}. \quad (5)$$

$$\text{Тогда предельная скорость при подходе судна составляет } V_{пр} = \sqrt{\frac{2 \cdot 27,4}{0,765 \cdot 50818}} = 0,037 \text{ м/с.}$$

При такой скорости обеспечиваются требования прочности бортов судов, а также эффективности работы отбойных устройств. Рекомендуется рассмотреть возможность замены существующих отбойных устройств на иные с энергоемкостью не менее 244 кДж.

Допускаемая прижимная нагрузка согласно [6] с учетом коэффициента запаса прочности 1,5 равна 2116 кН. Допускаемые отжимные и продольные нагрузки зависят от допускаемых нагрузок на швартовные тумбы причала и от допускаемых усилий в швартовных канатах судов, которые соответствии с [6] принимаются равными:

$$[R] = R_{\text{разр}}/n_3 \quad (6)$$

$$[R1] = 80,00/2,20 = 36,36 \text{ тс} = 363,6 \text{ кН.}$$

Величины допускаемых воздействий определяются с учетом [7] и [6] по формуле:

$$R_y = [R] \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{(\cos^2 \alpha_i \cos^2 \beta_i)}{L_i} \right\} \left\{ \frac{L_c}{\cos \alpha_c \cos \beta_c} \right\}, \quad (7)$$

где $[R]$ – допускаемое усилие в канате; α – угол между проекцией швартова на горизонтальную плоскость и линией действия составляющей нагрузки, град; β – угол между линией действия силы и её проекцией на горизонтальную плоскость, град; L – длина швартова, м; L_c, α_c, β_c – параметры «критического» наиболее нагруженного швартова.

Значения допускаемых нагрузок при расчетной схеме швартовки: прижимная 2116,0 кН, отжимная 1134,6 кН, продольная в нос 307,6 кН, продольная в корму 408,7 кН.

Скорость течения, согласно [2, 3], оценивается величиной порядка 0,15 м/с. Учитывая общее расположение причалов, течение будет оказывать наибольшее влияние на величину продольной силы. Значение продольной нагрузки от течения, согласно [6], равно:

$$N_c = 0,6 A_t V_l^2, \quad (8)$$

где A_t – лобовая подводная площадь парусности судна, м²; V_l – скорость течения воды вдоль судна. Тогда $N_c = 0,6 \times 357,5 \times 0,15^2 = 4,83$ кН.

Так как параметры расчетного судна, в разы больше параметров волнения, то в соответствии с рекомендациями [6] нагрузки от волнения не учитываются.

Расчетные значения поперечной и продольной составляющих силы воздействия ветра на судно согласно [5] определяются по формулам:

$$Q_w = 73,6 \cdot 10^{-5} \gamma_f A_q V_q^2 \xi; \quad (9)$$

$$N_w = 49,0 \cdot 10^{-5} \gamma_f A_n V_n^2 \xi, \quad (10)$$

где A_q, A_n – соответственно боковая и лобовая надводные площади парусности судна, м²; V_q, V_n – соответственно поперечная и продольная составляющие анемометрической скорости ветра; ξ – коэффициент, принимаемый равным 1 при длительной стоянке судна; γ_f – коэффициент надежности по ветровой нагрузке, принимаемый равным 1,4.

Ветровая нагрузка рассчитана из условия, что ветер действует перпендикулярно борту или в корму судна. При вычислении ветровых отжимных нагрузок согласно [6] и [5] учтено наличие экранирующих преград. Значения ветровой нагрузки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Ветровые нагрузки на судно при различных скоростях ветра

Скорость ветра, м/с	Площадь боковой парусности, м ²	Прижимная нагрузка, кН	Площадь боковой парусности с учетом экранирования, м ²	Отжимная нагрузка, кН	Площадь лобовой парусности, м ²	Продольная нагрузка, кН
9	8180	682,7	7460	622,6	552	30,7
10		842,9		768,7		37,9
11		1019,9		930,1		45,8
12		1213,7		1106,9		54,5

Усилия в швартовных канатах согласно [5] рекомендуется определять:

– для носовой и кормовой групп прижимных канатов по формуле:

$$N_i = \frac{0,6 Q_{tot}}{\sin \alpha_i \cos \beta_i} \cdot \frac{1}{l_i \sum_{j=1}^{n_r} (1: l_j)}, \quad (11)$$

– для продольных канатов и шпрингов по формуле:

$$N_i = \frac{N_{tot}}{\sin \alpha_i \cos \beta_i} \cdot \frac{1}{l_i \sum_{j=1}^{n_r} (1: l_j)}, \quad (12)$$

где Q_{tot} – поперечная сила от воздействия ветра, течения и волн; N_{tot} – продольная сила от воздействия ветра, течения и волн; l_i – длина швартова, l_j – длины швартовов в рассматриваемой группе; n_r – число швартовных канатов в рассматриваемой группе; α_i – угол между проекцией швартова на горизонтальную плоскость и линией действия составляющей нагрузки от ветра; β_i – угол между линией действия силы и ее проекцией.

Анализ возможности стоянки расчетного судна у причалов показал, что существующие глубины на акватории позволяют принимать расчетное судно в полном грузу, однако рекомендуется выполнение дноуглубительных работ в прикормонной зоне; существующая отбойная система обеспечивает безопасность постановки расчетного судна при ограничении скорости подхода до 0,037 м/с; рекомендуется рассмотреть возможность замены существующих отбойных устройств на иные с энергоемкостью не менее 244 кДж.

Стоянка расчетного судна у причалов, при использовании швартовых канатов с разрывной нагрузкой не менее 800,0 кН, удовлетворяет требованиям безопасности при ограничении скорости прижимных ветров – до 12 м/с, отжимных ветров – до 9 м/с, продольных ветров – до 12 м/с, при условии заводки шпрингов Ш-3 и Ш-5 дуплинем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А.И. и др. Гидротехнические сооружения морских портов. СПб.: Изд-во «Лань», 2014. 427 с.
2. Паспорт причала №101б, арх. № 00483 / ООО «Балтморпроект», СПб, 2010.
3. Паспорт причала №101в, арх. № 00484 / ООО «Балтморпроект», СПб, 2010.
4. РД 31.3.05-97. Нормы технологического проектирования морских портов.
5. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. М.: Минрегион России, 2011.
6. П58-76/ВНИИГ. Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов). Л.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Л., 1977.
7. Наставление по швартовному оборудованию (перевод наставления OCIMF/Mooring Equipment Guidelines, OCIMF. Second Edition 1997). ЗАО «ЦНИИМФ». СПб., 2005.
8. РД 31.3.07-01. Указания по расчету нагрузок и воздействий от волн, судов и льда на морские гидротехнические сооружения. М.: Союзморниипроект, 2001.

УДК 627

А.И.Рощкованова, А.А.Ананьев, В.С.Коровкин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АККУМУЛЯЦИЯ АКТИВНОГО ДАВЛЕНИЯ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА ЗА ПОДПОРНОЙ СТЕНКОЙ

В портовой гидротехнике ординаты эпюр горизонтального активного (σ_a) и пассивного (σ_p) давления грунта, как по теории предельного напряженного состояния, так и по классической теории определяются по формулам [1]:

$$\sigma_a = (q + \sum \gamma_i h_i) \lambda_a - c \lambda_{ac};$$

$$\sigma_p = (\sum \gamma_i h_i) \lambda_p + c \lambda_{pc},$$

где q – нагрузка на поверхности грунта; $\gamma_i h_i$ – удельный вес и высота i -го слоя грунта λ_a , λ_p – коэффициенты активного давления при значении угла трения по стенке $\delta = 0,5\varphi$ и пассивного давления при $\delta = \varphi$, c – удельное сцепление; λ_{ac} , λ_{pc} – коэффициенты активного давления и пассивного давлений при сцеплении. Силы трения уменьшают давление грунта на правой грани стенки (со стороны засыпки) и увеличивают давление грунта по левой грани.

Считается, что значения этих давлений постоянны во времени. Если для несвязных грунтов это более или менее соблюдается, то в связных грунтах, за исключением илистых, за счет реологических явлений постоянство давлений не соблюдается [2].

Реология грунтов – раздел механики грунтов, в котором рассматривается образование и изменение во времени напряженно-деформированного состояния грунта. Грунт, являясь дисперсной средой, обладает не только межчастичным сцеплением, но и внутренним трением. Эти свойства и определяют сопротивление грунта разрушению.

Глинистые грунты – сложная дисперсная среда, имеющая частицы с внутренними жесткими (цементно-кристаллизационными) и вязкими (водно-коллоидными) связями, изменение которых во времени вызывает проявление реологических свойств.

При деформировании глинистых грунтов весьма ощутимы эффекты во времени – ползучесть, релаксация, аккумуляция напряжений (увеличение активного давления глинистого грунта до бытового при фиксации смещения стенки) и снижение прочности при длительном воздействии нагрузок. Иными словами, глинистые грунты способны изменять свое напряженно-деформированное состояние во времени.

Релаксация для активного давления по сравнению с пассивным, имеет обратный характер, т.е. давление глинистого грунта основания на стенку со стороны засыпки увеличивается (аккумулируется), рис. 1, левая часть. Указанное происходит, вследствие обратного механизма воздействия давления глины на стенку по сравнению с реактивным давлением.

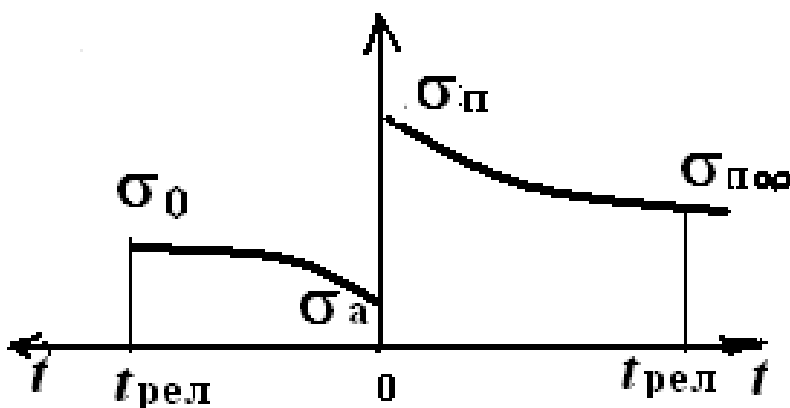


Рис. 1. Релаксация пассивного (реактивного) давления (правая часть графика) и аккумуляция распорного давления (левая часть графика) глинистого грунта

Распорное давление при завершении релаксационного процесса переходит в бытовое давление покоя, стремясь к своему естественному состоянию.

$$\sigma_{ак} = \sigma_a + (\sigma_0 - \sigma_a)(\exp(-3t/t_{п ст})),$$

где σ_a и σ_0 – активное и боковое давление покоя на стенку; t и $t_{рел}$ – текущее время и период релаксации. Поскольку релаксация обратный процесс ползучести, то принимается, что их время одинаково.

Величина $t_{п ст}$, представляющая период стабилизации релаксации (затухающей ползучести) равна:

$$t_{п ст} = \eta_c / E\infty,$$

где $\eta_c = 3\eta$ – линейный коэффициент вязкости сжатия (растяжения) (сила трения при сжатии (растяжении) площадки при единичном градиенте скорости), приближенно определяемый через коэффициент вязкости при сдвиге η ; $E\infty$ – длительный модуль деформации грунта.

Графическое изображение изменения активного и пассивного давлений глинистого грунта за период релаксации представлено на рис. 1.

Пример. Определим, через какой период времени активное давление на стенку глинистого грунта основания перейдет в состояние бытового давления (покоя). Грунт основания: глина полутвердой консистенции со сдвиговой вязкостью $\eta = 8 \cdot 10^{10}$ кН·с/м², $E = 15000$ кН/м².

$E_T = K_{пл} K_a E = 0,6 \cdot 0,7 \cdot 15000 = 6300$ кН/м² – горизонтальный модуль деформации грунта с учетом коэффициентов пластичности $K_{пл}$ и анизотропии K_a [1, 2].

$$t_{p \text{ ст}} = \eta_c / E_T = 3 \cdot 8 \cdot 10^{10} / 6300 \cdot 86400 = 440,9 \text{ сут.} \approx 1,2 \text{ года.}$$

Возникает естественный вопрос – почему стенки, возведенные на глинистых грунтах основания, по истечению периода аккумуляции давления не переходят в перенапряженное состояние?

Считаем, что для этого у них нет основания. Увеличение бокового давления вызовет некоторое перемещение нижнего конца стенки, превращая бытовое давление в активное, и процесс повторяется. При этом дополнительное перемещение низа стенки вызывает перераспределение бокового давления в верхнюю часть стенки, что увеличивает консольный момент, который нейтрализует повышение бокового давления глинистого грунта [3].

Известны длительные перемещения береговых устоев старых мостов в Санкт-Петербурге, продолжающиеся столетиями. По-видимому, постепенные смещения происходят вследствие аккумуляции бокового давления глинистого грунта на устои мостов [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Смирнов Г. Н., Аристархов В.В., Левачев С.Н., Сидорова А.Г., Корчагин Е.А. Порты и портовые сооружения. М.: Изд-во АСВ, 2003, 463 с.
2. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. М.: Высшая школа, 1978, 417 с.
3. Коровкин В.С. и др. Гидротехнические сооружения морских портов. Под ред. Альхименко А.И. СПб. Изд-во «Лань», 2014, 427 с.
4. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Том I. Л-М.: Госстройиздат, 1960.
5. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Том II. Л-М.: Госстройиздат, 1961.

УДК 627

В.А.Смирнов, В.С.Коровкин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СВАИ-ОБОЛОЧКИ ЭСТАКАДЫ В ПОРТУ ТЮМЕНЬ

Ледовые нагрузки и воздействия могут быть очень опасны, в особенности для портовых гидротехнических сооружений [1-3]. В 1965 г. в порту Тюмень было построено 200 пог. м набережной в виде эстакады высотой 9 м на основании из железобетонных свай – оболочек диаметром 60 см, толщиной стенок 10 см, рис. 1 [4]. Сваи – оболочки изготовлены из бетона марки В35. Прочность свай – оболочек, учитывая большую свободную высоту прикордонного ряда, была недостаточной для восприятия навалов швартуемых судов при меженных уровнях воды. Поэтому на отметке 51,6 м БС была устроена монолитная плита толщиной 80 см, связывающая три ряда свай-оболочек.

В процессе строительства было обнаружено, что часть свай – оболочек после межнавигационного периода получили трещины.

В полости оболочек в зимний период образовались ледяные пробки. При замерзании воды в результате температурного расширения образовавшейся ледяной пробки оболочка подвергается внутреннему давлению, которое может привести к образованию сквозных продольных трещин. Давление при замерзании воды в замкнутом пространстве с увеличением объема на 9% может быть чрезвычайно велико.

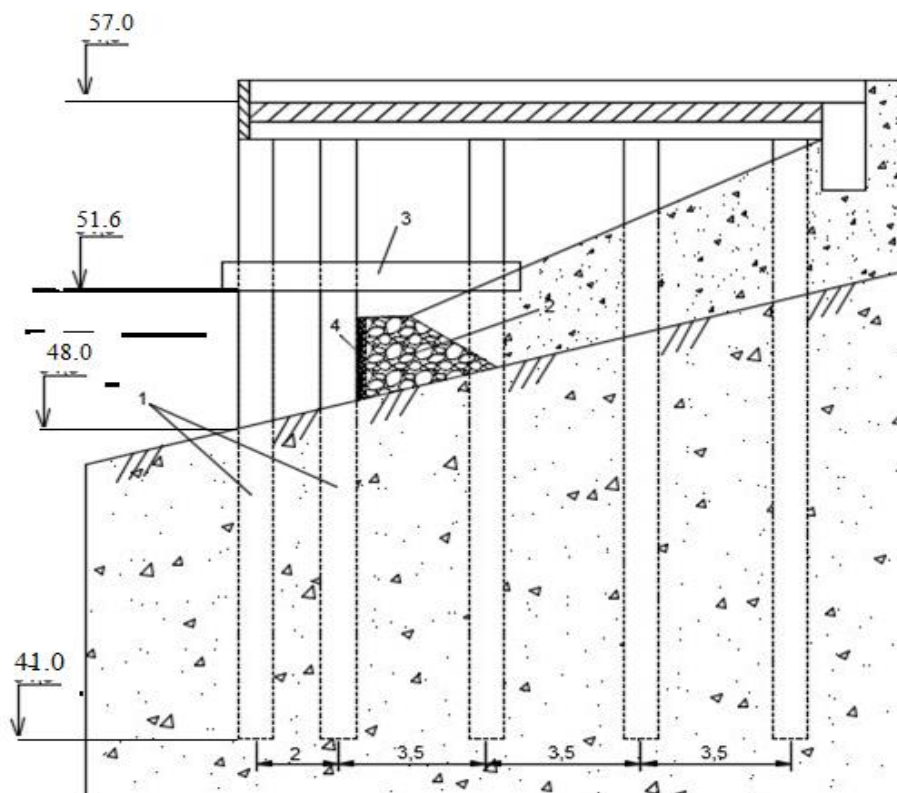


Рис. 1. Эстакада в порту Тюмень:
1 – сваи-оболочки; 2 – каменная призма; 3 – железобетонная
плита; 4 – забирка из железобетонных плит

Давление на оболочку, возникающее от расширения ледяной пробки при изменении ее температуры требуется учитывать в железобетонных сваях-оболочках. С этой целью определяются:

- а) толщина ледяной пробки;
- б) расчётная температура ледяной пробки;
- в) расчётное давление льда на оболочку;
- г) напряжений в оболочке;
- д) оценка трещиностойкости оболочки.

Предполагаемая толщина ледяной пробки и положение ее во внутренней полости оболочки определяются приближенно. Зная расположение оболочки на местности и общий характер изменения уровня воды в реке в период ледостава, можно установить ожидаемое льдообразование в оболочке, а затем определить предполагаемую толщину ледяной пробки $h_{\text{л}}$ по формуле [5]:

$$h_{\text{л}} = 100 \sqrt{\frac{2\lambda t\tau}{Q + \frac{ct}{2}} + H^2} - H, \quad (1)$$

где $\lambda = 2$ – коэффициент теплопроводности льда, ккал/мч°C; $t = -30^\circ$ – температура воздуха над поверхностью льда в °C; τ – расчетное время льдообразования, ч; $Q = 73600$ – скрытая теплота льдообразования, ккал/м³; $C = 460$ – объемная теплоемкость льда, ккал/(м³°C); H – толщина эквивалентного слоя льда, термическое сопротивление которого равно сопротивлению теплоотдачи с поверхности, м.

$$H = \frac{\lambda}{\alpha}.$$

В нашем случае, рассмотрим несколько вариантов толщины пробки. Для того чтобы определить максимальное растягивающее напряжение в оболочке, необходимо найти среднее давление ледяной пробки:

$$q = 2,19 + 4,65 \left(\frac{t}{h_{\text{л}}} + \frac{2t}{d_{\text{нар}}} \right). \quad (2)$$

В реальных условиях давление может быть меньше величин, полученных по формуле (2). При этом необходимо учитывать тип льдообразования. Толщина ледяной пробки в этом случае в отдельные годы может оказаться равной толщине окружающего ледяного покрова, а резкие колебания уровня воды могут стать причиной возникновения наибольшего давления. Именно такому случаю соответствуют данные формулы (2). Затем, определяется максимальное растягивающее тангенциальное напряжение, действующее по касательной к окружности, по формуле:

$$\sigma_{\text{max}} = q \sigma_{\frac{h_{\text{л}}}{2}}. \quad (3)$$

Пример расчета ледяной пробки толщиной 30 см.

$$q = 2,19 + 4,65 \left(\frac{t}{h_{\text{л}}} + \frac{2t}{d_{\text{нар}}} \right) = 2,19 + 4,65 \left(\frac{30}{30} + \frac{2 \cdot 30}{60} \right) = 13,82 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{\text{max}} = q \sigma_{\frac{h_{\text{л}}}{2}} = 13,82 \cdot 1,312 = 18,13 \text{ кгс/см}^2.$$

Результаты занесем в табл. 1.

Таблица 1

$h_{\text{л}}, \text{ см}$	Среднее давление ледяной пробки, $q, \text{ кг/см}^2$	Тангенциальное напряжение от единичной нагрузки	Максимальное тангенциальное напряжение, кгс/см^2
30	11,490	1,312	15,07
60	9,165	1,916	17,56
80	8,584	2,180	18,71

Исследованиями НИИЖБ [2] установлено, что существуют пороговые растягивающие напряжения, ниже которых существенно влияние напряженного состояния на появление трещин в конструкциях и на долговечность материала. Установлено, что для суровых условий эксплуатации величина их может быть принята равной 50% от нормативного предела прочности бетона на растяжение. Для бетона марки 400, из которого обычно изготавливаются оболочки, нормативный предел прочности на растяжение составляет 25 кг/см^2 . Соответственно, предельно допустимое напряжение на растяжения для бетона оболочек в зоне льдообразования, можно принять напряжение, равное 12,5 кг/см^2 .

Максимальное напряжение, возникающие в результате давления ледяной пробки на внутреннюю часть оболочки, превышают предельно допустимое напряжение (табл. 1). Поэтому сваи-оболочки подвержены образованию трещин, что приводит их постепенно к разрушению.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Погодин В.А., Коровкин В.С, Шхинек К.Н., Фомин Ю. Н., Лисовский И.В. Гидротехнические сооружения морских портов. Под ред. Альхименко А.И. СПб.: Изд-во «Лань» 2014, 427 с.
2. Методические указания по эксплуатации причальных сооружений в суровых климатических условиях. М.: Транспорт, 1987, 16 с.
3. Симаков Г.В., Шхинек К.Н. и др. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе. Л.: Судостроение, 1989г, 328 с.
4. Гуревич В.Б. Речные портовые гидротехнические сооружения. М.: Транспорт, 1969, 415 с.
5. Всесоюзный НИИ Транспортного Строительства. Предложения по расчету незаполненных цилиндрических железобетонных оболочек на внутреннее давление ледяных пробок. Москва, 1970.

БОКОВОЕ ДАВЛЕНИЕ НА СТЕНКУ ПРИ НАЛИЧИИ ЭКРАННОГО РЯДА СВАЙ

Принято считать, что между сваями продольного ряда за счет трения грунта о сваи образуются грунтовые своды, рис. 1, а [1-3]. Они для упрощения заменены зубчатой поверхностью (рис. 1, б). Эти своды воспринимают боковое давление грунта, расположенного позади их и передают его на сваи.

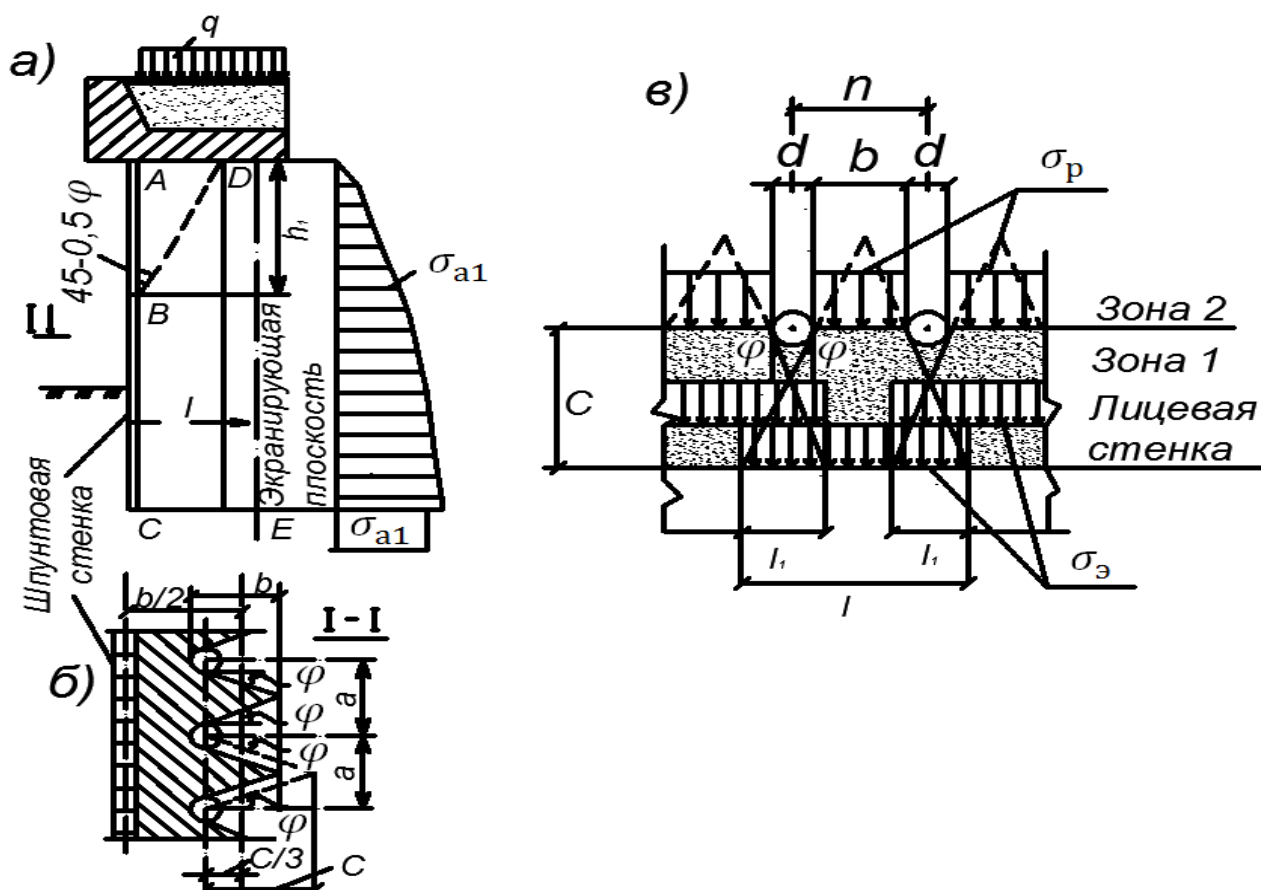


Рис. 1. Схемы построения эпюр силосного давления грунта на лицевую стенку (а) и (б) и дополнительного экранирующего давления от нагрузки за свайным рядом (в).

Грунт засыпки между шпунтовой стенкой и экранирующей плоскостью находится в условиях, аналогичных состоянию сыпучего тела в плоском силосе. В графическом расчете силосного давления из точки D пересечения экранирующей плоскости с ростверком проводится (под углом $45^\circ - 0.5\varphi$ к вертикали) линия обрушения грунта DB до пересечения с расчетной плоскостью стенки (рис. 1, а). Давление грунта на участке AB стенки нарастает по линейному закону, а ниже соответственно – постоянно.

Считаем, что замена свайного ряда сплошной экранированной стенкой в технической литературе представляет частный случай давления, при достаточно гибкой лицевой стенке и малой величине шага [4]. В такой стенке прогиб реализует активное давление с проявлением грунтовых сводов при величине шага между сваями $n \leq 3d$. При этом величина изгибающего момента в стенке и свайном ряде распределяется в зависимости от их

жесткости [1]. Такое решение является не корректным, поскольку не учитывает прямое давление грунта на лицевой элемент сооружения.

Кроме того, эффект экранирования проявляется не во всех типах грунтов. Практика показывает, что этот эффект не проявляется в слабых глинистых грунтах. Поскольку слабые грунты по свойствам приближаются к вязкой жидкости, то происходит обычное обтекание (оплывание) свай грунтовой средой. Рекомендуется в слабых глинистых грунтах основания не учитывать эффект экранирования [4].

Считаем, что интенсивность бокового давления на шпунт складывается из силосного давления $\sigma_{\text{сил}}$ в зоне 1 и дополнительного давления от экранирующего свайного ряда σ_3 (рис. 1, в). Однако σ_3 равно не только разности внешнего давления от зоны 2 и обратного силосного давления на экранирующую плоскость грунта в зоне 1. Величина этой разности в свою очередь зависит шага свай и расстояния C до лицевой стенки (рис. 1, в).

$$\sigma_{\text{шп}} = \sigma_{\text{сил}} + \sigma_3.$$

Давление на шпунт от зоны 2 с учетом влияния шага свай и расстояния C до лицевой стенки учитывается с помощью коэффициента распределения $K_p = 0 \div 1$;

$$\sigma_3 = K_p \sigma_p = (n - d)/n (2l_1/l) \sigma_p,$$

где $\sigma_p = (\sigma - \sigma_{\text{сил}})$ – результирующее давление в плоскости, проходящей через экранирующие сваи; $\sigma = (q + \gamma h_i) \lambda(\delta)$ – боковое давление на свайный ряд, зависящее от его прогиба (рис. 1, в), $\lambda(\delta) = \lambda_0 + (\lambda_a - \lambda_0) \delta^m$ безразмерная функция бокового давления; $\delta^n = (\Delta_{xy}/\Delta_{xy}^*)^n$ – отношение текущего смещения точки экранированной стенки Δ_{xy} от внешней нагрузки относительно величины критического смещения Δ_{xy}^* , вызывающего предельное состояние в грунте; m – показатель степени [5]; n – шаг свай; $l = b + 2\text{ctg}\varphi$ – длина зоны распределения результирующей нагрузки между сваями на шпунтовую стенку участка b ; $l_1 = \text{ctg}\varphi$ – перекрываемая длина зоны распределения результирующей нагрузки за сваями на шпунтовую стенку (рис. 1, в); d – диаметр экранирующей сваи.

Оценим влияние шага свайного ряда. При $d \rightarrow n$ имеем $b \rightarrow 0$ множитель $K_p \rightarrow 0$ давление полностью воспринимается свайным рядом, поэтому $\sigma_3 \rightarrow 0$ (рис. 1, в). При $d \rightarrow 0$ силосное давление стремится к нулю $\sigma_{\text{сил}} \rightarrow 0$, следовательно $\sigma_{\text{шп}} \rightarrow \sigma$.

Рассмотрим влияние расстояния свайного ряда от стенки. В случае $c \rightarrow 0$ силосное давление стремится к нулю, $\sigma_3 \rightarrow 0$. При $c \rightarrow \infty$ соответственно $l \rightarrow \infty$, поэтому $\sigma_3 \rightarrow 0$.

Нелинейное влияние ширины зоны 1 и шага свай на величину интенсивности силосного давления (рис. 2). Вертикальные или наклонные сваи пререзают призму обрушения грунта за стенкой и воспринимают на себя часть бокового давления грунта (экранируют), уменьшая тем самым давление грунта на лицевую стенку. Однако интенсивность экранирования участка треугольной призмы обрушения зависит неравномерно от ее ширины, поэтому она является нелинейной.

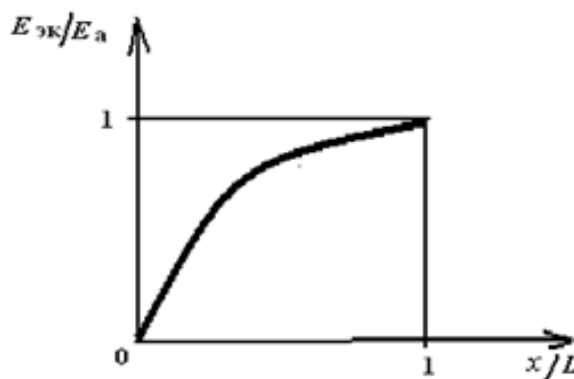


Рис. 2. Зависимость равнодействующей экранированного давления от расстояния свайного ряда до стенки

Рассмотрим характер явлений, происходящих в грунте при прорезании призмы обрушения свайным рядом, принятым сплошным для упрощения. При отсутствии свайного ряда на стенку действует клин обрушения, который создает обычное боковое давление [5]. Появление в призме обрушения свайного ряда уменьшает клин обрушения на отсекаемую величину. Это приводит соответственно к уменьшению эпюры давления на стенку. Выразим равнодействующую экранированного давления на стенку E_a в виде нелинейной функции от расстояния до свайного ряда

$$E_{\text{эк}} = E_a(x/L)^n,$$

где L – ширина призмы обрушения; x – расстояние от свайного ряда до стенки; $a \leq 1$ – показатель степени.

При $x = 0$ экранированное давление на стенку $E_{\text{эк}} = 0$, то есть давление полностью воспринимается свайным рядом, а при $x \geq L$ влияние свайного ряда на лицевую стенку отсутствует. Зависимость равнодействующей экранированного давления от расстояния свайного ряда до стенки x при $n = 0,5$ в относительных величинах приведена на рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ляхницкий В.Е. и др. Портовые гидротехнические сооружения Ч.1, 1953, 624 с.
2. Смирнов Г.Н., Аристархов В.В., Левачев С.Н., Сидорова А.Г., Корчагин Е.А. Порты и портовые сооружения. М.: Изд-во АСВ, 2003, 463 с.
3. Кульмач, П.П., Филиппенко В., Заритовский Н.Г., Морские гидротехнические сооружения. Ч. II, Причалы, шельфовые и берегоукрепительные сооружения. Л.: ЛВВИСУ, 1991, 391 с.
4. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. М.: Высшая школа, 1978, 417 с.
5. Погодин В.А., Коровкин В.С., Шхинек К.Н., Фомин Ю.Н., Лисовский И.В. Гидротехнические сооружения морских портов. Под ред. Альхименко А.И. СПб.: Изд-во «Лань», 2014, 427 с.

УДК 627.26

Е.В.Субботина, Е.В.Шонина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ГРУЗОВ НА ИЗНОС ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ ЗАЩИТЕ

Аварии портовых сооружений не являются редкостью, несмотря на имеющийся значительный опыт строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений [1, 2]. Технический анализ причин, приводящих к неработоспособному состоянию причальных и берегоукрепительных сооружений, показывает, что количество аварий не уменьшается даже в условиях развития современных методов проектирования, расчета и производства строительно-монтажных работ [7]. Изучение данного вопроса позволило разделить причины, вызывающие разрушения сооружений на несколько основных групп.

Самой распространенной ошибкой, приводящей к авариям, является отклонение от проекта при производстве работ. Сюда относится замена строительных материалов с целью экономии на более доступные (имеющие другие физические свойства и низкие прочностные характеристики, отличающиеся от проектных); несоблюдение технологии производства работ по возведению сооружений; замена используемых машин и оборудования без учета нагрузок и воздействий от них.

Еще одним важным недостатком является отсутствие технической базы и опыта при проведении инженерно-геологических и гидрологических изыскательских работ, а также недостаточная изученность естественных условий. Так, примером может стать развитие деформаций и трещин сразу после строительства одного из причалов в морском порту Санкт-Петербург. Причиной этого стал слой слабых грунтов в

основании, не выявленный при геологическом исследовании из-за большого шага буровых скважин, по которым был построен разрез.

Сложность при расчете причальных сооружений и их оснований на основные и особые сочетания нагрузок согласно руководящим документам порой также не исключает аварий и разрушений вследствие воздействий, не учтенных при проектировании и строительстве.

Серьезной причиной аварий на сооружениях могут стать допуски на отклонения от проектного положения, прописанные в нормативных документах, а также допускаемые дефекты в условиях их совместного выполнения при неблагоприятном сочетании воздействий на конструкцию.

Нарушение правил эксплуатации, невыполнение своевременного технического надзора, ремонта и реконструкций сооружений является еще одной распространенной причиной физического износа. Износ портовых сооружений приводит к серьезным последствиям, в связи с чем сроки эксплуатации причала намного сокращаются. Приведем в качестве примера последствия износа причалов Череповецкого речного порта, расположенного на левом берегу р. Ягорба. В их число входит: коррозионное утоньшение шпунтин, локальные повреждения фасадной грани и поребрика оголовка, повреждение окаймляющего уголка на угловой части оголовка, разрушение поребрика, а в низовой части стенки по течению – его отсутствие.

Разрушения и повреждения элементов и всей конструкции в целом не являются редкостью, как в России, так и за рубежом. Поэтому проблема обеспечения безопасной эксплуатации ГТС является достаточно актуальной, так как без проведения очередных комплексных обследований и последующего ремонта их нормальная эксплуатация невозможна.

Знание и учет всех вышеуказанных факторов важен как на этапах проектирования, так и на этапах строительства, так как на сегодняшний день обеспечить полное предотвращение возникновения аварийных ситуаций не удастся.

Внимание при анализе проблем износа и нормальной эксплуатации сооружений обычно уделяется самым распространенным причинам аварий, но некоторые воздействия остаются малоизученными. В качестве примера представлено влияние химических грузов на техническое состояние причальных сооружений.

Цель работы состоит в анализе повреждений причалов от химических грузов и описании возможных решений по уменьшению и предотвращению негативных последствий, ведущих к неработоспособному состоянию сооружения.

Физическое и моральное старение причальных сооружений происходит достаточно быстро. Сделать сооружение таким, чтобы оно в наименьшей степени теряло свои эксплуатационные качества во времени – основная задача теории надежности [5]. В данный момент в Российской Федерации ведутся масштабные работы по реконструкции и восстановлению объектов инфраструктуры морских и речных портов: замена ростверков, причальных пирсов и набережных, реконструкция или восстановление перекрытий портовых складов, технологических зданий и галерей. В связи с этим требуются эффективные, как в технологическом, так и в экономическом аспекте, новые решения, позволяющие в условиях действующих предприятий, выполнять масштабные работы по реконструкции и восстановлению объектов портовой инфраструктуры [8].

В настоящее время с развитием портовой инфраструктуры перевозка химических грузов получила широкое распространение и имеет влияние на улучшение экономической ситуации в целом, так как России принадлежит значительная доля минеральных удобрений мировой промышленности. Экспортная транспортировка минеральных грузов постепенно расширяется и в северо-западном регионе: например, в порту Усть-Луга имеются причалы по перевалке химических грузов, а также планируются к возведению новые [3, 6].

В тоже время среди чрезвычайных ситуаций техногенного характера аварии на химически опасных объектах занимают одно из важнейших мест. Химизация

промышленности и транспортировка химических грузов обусловила возрастание техногенных опасностей, связанных с химическими авариями, которые могут сопровождаться выбросами в атмосферу аварийно химически опасных веществ (АХОВ), значительным материальным ущербом и большими человеческими жертвами. Как свидетельствует статистика, в последние годы на территории РФ ежегодно происходит 80–100 аварий на химически опасных объектах с выбросом АХОВ в окружающую среду.

Все химические грузы по силе воздействия на сооружение можно разделить на неагрессивные, слабоагрессивные, среднеагрессивные и сильноагрессивные. В зависимости от этого уже после первого года эксплуатации причала можно заметить признаки коррозии материалов. А именно: снижение прочности бетона, шелушение и растрескивание железобетона, увеличение толщины прокорродированного слоя и потеря металла.

Следовательно, перед разработкой инженерных мероприятий по защите сооружений, предназначенных для перегрузки химических грузов, следует проводить их обследование с целью определения степени коррозии материала конструкций и выявления разрушений отдельных элементов.

Защита бетонных и железобетонных конструкций представляют собой несколько видов покрытий с различной толщиной и на основе различных материалов.

Защита стальных конструкций состоит из предварительного нанесения на них лакокрасочных покрытий. В подводной зоне это невозможно, поэтому защита может быть осуществлена электрохимическим способом [4].

Портовые сооружения, набережные, причалы могут различаться между собой и иметь свои особенности в плане конструкции или видов транспортировки грузов. Но одно немаловажное требование должно выполняться без исключений, несмотря на различные причины, влияющие на сооружения – систематические наблюдения за конструкциями. Результаты наблюдений используются в качестве основания для назначения необходимого режима эксплуатации сооружений в соответствии с их действительным техническим состоянием.

Наблюдения за причальными сооружениями должны вестись систематично, а в случае с транспортировкой химических грузов, чаще, чем при обычном осмотре. Их периодичность различается в зависимости от самой конструкции: больверки из металлического шпунта, больверки из железобетонного шпунта, сквозные конструкции и конструкции рамного типа – наблюдения 1 раз в 3 месяца; массивные гравитационные стенки, ряжевые конструкции, конструкции из массивов-гигантов – 1 раз в год; высокие свайные ростверки – 1 раз в 2 года.

В процессе технической эксплуатации портовых сооружений с антикоррозионной защитой должно обеспечиваться наблюдение за состоянием защиты и выполнение восстановительного ремонта в случае ее повреждения [4]. Осмотр антикоррозионной защиты должен осуществляться одновременно с периодическим техническим осмотром портовых сооружений в сроки, регламентированные РД 31.35.10-86.

Также следует осуществлять в процессе эксплуатации следующие мероприятия:

1. Запрещать хранение химических грузов на территории причалов, организовав их хранение на тыловых специально построенных для этого площадках и в закрытых складах.
2. Производить постоянную очистку территории причалов от просыпанных химических грузов в процессе их транспортировки и перегрузки.
3. Осуществлять отвод водных агрессивных растворов, образующихся в результате выделения атмосферных осадков или мокрой уборки территории причалов, в специальные отстойники или нейтрализаторы. Исключать возможность скопления и застоя агрессивных химических веществ.

Кроме того, необходимо не только заниматься обследованиями уже построенных причалов, но предусматривать при их проектировании такие решения, которые будут благоприятствовать долгой эксплуатации, и уменьшать износ, приводящий к авариям.

Вывод: при проектировании и мониторинге портовых сооружений необходимо учитывать тип транспортируемого груза, его влияние на разрушения и износ конструкции. Необходимо предпринимать соответствующие меры при эксплуатации и учитывать особенности воздействия грузов при проектировании.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений, межвузовский сборник научных трудов. МГТУ им. Г.И. Носова; под редакцией К. И. Еремина. Магнитогорск, 2003. С. 34-39.
2. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
3. Клепиков Д.Н., Жигарева Г.В. Транспортно-логистическое обеспечение предприятий химического комплекса // Логистика. 2012. №7(68). С. 44-47.
4. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Инженерные мероприятия по увеличению долговечности сквозных гидротехнических сооружений. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2007. № 49. С. 185-193.
5. Костин И.В. Проблемы оценки эксплуатационной надежности причальных сооружений // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2013. №4. С. 21-23.
6. Костюкевич П.А., Сипаро К.А. Морские перевозки экспортных минеральных удобрений: тенденции и перспективы // Молодой ученый. 2015. №22(102). С. 147-153.
7. Малеванов К.А., Шхинек К.Н., Беляев Н.Д. Сравнительный анализ технического состояния морских гидротехнических сооружений за пятилетний период эксплуатации. XXXIV неделя науки СПбГПУ, Материалы Всероссийской межвузовской НТК. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С. 3-4.
8. Румянцева И.А. Реконструкция и восстановление объектов инфраструктуры морских и речных портов с использованием сталежелезобетонных перекрытий: дис. ... д-р. техн. наук: 05.22.19. М., 2013. 42 с.

УДК 627

И.Н.Третьякова, А.М.Кобринец, О.Н.Бабаевская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОЕКТ ПОСТАНОВКИ ПОЛУПОГРУЖНОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ В ОХОТСКОМ МОРЕ

В последние годы активно развивается добыча углеводородов в морских акваториях. Для разведки и освоения нефтегазовых месторождений необходимы специальные морские плавучие буровые установки, при которых должна обеспечиваться безопасность сооружения, для самых разных сочетаний внешних воздействий [1].

Одной из важных проблем связанных с эксплуатацией плавучих буровых установок является определение параметров якорной системы и ее оптимизации при режимах выживания и эксплуатации применительно к заданной акватории. Наиболее серьезной задачей является обеспечение соответствующей жесткости системы удержания якорной системы, способной ограничить максимально допустимые вертикальные и горизонтальные перемещения буровых установок; максимально допустимые углы крена и дифферента; допустимые запасы по натяжению в якорных связях; допустимые запасы по горизонтальной нагрузке, передаваемой на якорь [2].

Решение этой задачи достаточно сложно и может быть получено с помощью использования современных информационных технологий [3], в том числе с использованием методов математического моделирования поведения плавучих сооружений под действием ветра, течения, волнения выполненных в программном комплексе «Anchored Structures» [4, 5] разработанного в Санкт-Петербургском политехническом университете при поддержке Российского Морского Регистра Судоходства.

Воздействия льдов могут также моделироваться в указанном программном комплексе [6, 7], но применительно к полупогружным платформам, эксплуатируемым в северных морях исключительно в летний период, эти воздействия обычно не рассматриваются.

При проектировании системы удержания плавучего морского объекта, обычно, предусматривает выбор числа якорных связей; калибра цепей или тросов, из которых они состоят; длины каждой связи или положения якоря; пространственное расположение связей; начальное натяжение связей; тип якоря и оценка его держащей способности на том или ином донном грунте [2].

Для поиска оптимальной системы удержания предполагает многократное моделирование поведения плавучего объекта под действием неблагоприятных сочетаний воздействия ветра, течения, волнения, действующими в одном направлении, в соответствии с требованием п. 4.3 части III Правил [8]; проверку ограничений по критериям безопасности сооружения в каждом из расчетных случаев.

При подборе числа якорных связей, которые могут представлять собой стальные тросы, растительные тросы, цепи, гибкие соединения труб или любые их комбинации, следует учитывать, что при большем числе связей достигается меньшее смещение установки, однако в этом случае якорная система имеет на порядок большую массу, что приводит к увеличению водоизмещения буровой платформы. Помимо этого, увеличение числа связей влечет за собой увеличение числа якорных клюзов, каждый из которых является сложным с технологической точки зрения узлом, требующим периодического проведения соответствующих процедур обслуживания и контроля технического состояния [9].

Так же при увеличении натяжения связей смещение установки уменьшается, однако при значительном увеличении натяжения невозможно обеспечить требуемый запас прочности якорных связей в случае экстремальных внешних нагрузок.

Расчеты реакций в якорных линиях и перемещений допускается выполнять квазистатическими или динамическими методами.

Обычно, расчет натяжений (усилий), при небольших глубинах, в якорных связях производится квазистатическим методом, также учитываются их растяжение, возможность укладки части связи на дно акватории, которое, в свою очередь, может иметь наклон. В качестве основных критериев для определения параметров якорных связей приняты требования Правил классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и стационарных платформ [8]. Уровень допускаемых в якорных связях нагрузок регламентируется посредством коэффициентов безопасности, рассчитываемых по формуле:

$$SF = PB/T_{\max}, \quad (1)$$

где SF – коэффициент безопасности; PB – минимальный расчетный предел прочности якорной линии; $T_{\max}$ – характеристика натяжения якорной линии, равная максимальному усилию в наиболее нагруженной якорной связи. Минимальное значение коэффициента безопасности согласно п.п. 4.3.10 Правил ПБУ при использовании квазистатического метода расчета якорной системы позиционирования для условий сильного шторма составляет 1,8, в условиях эксплуатации, при котором происходит процесс бурения скважин или нефте- и газодобычи, коэффициент безопасности не должен быть ниже 2,7 [8].

При больших глубинах моря реакция якорных связей вычисляется динамическим методом (с учетом динамики связей). В этой постановке связи рассматривались как упругие, тяжелые, гибкие нити, вес которых концентрируется в узловых точках [10]. Коэффициент запаса по натяжению якорных связей в режиме эксплуатации не должен быть ниже 2,0, в режиме выживания не ниже 1,5.

Согласно п. 4.5.4 Правил ПБУ [8] якорные линии должны иметь достаточную длину, предотвращающую подрыв якоря. Для определения расчетной длины якорной связи

выполняется серия предварительных расчетов и выбирается такая длина связей, при которой вертикальное усилие, передаваемое на якорь, равно нулю.

Для обеспечения непрерывного функционирования буровой установки угол крена/дифферента, как правило, ограничивается 10° в режиме выживания и 5° в режиме эксплуатации.

Очень важным условием проведения морских буровых работ является ограничение смещения буровой установки. Гибкость бурового оборудования невелика и позволяет скомпенсировать смещение платформы в пределах 1,5 % от глубины акватории. Следствием этого условия являются жесткие требования, предъявляемые к системе удержания установки на точке бурения [9].

Таким образом, задачей проектирования постановки платформы в заданной акватории является анализ условий эксплуатации платформы, настройка системы удержания для режима эксплуатации и выживания, которая заключается в определении длин вытравленных связей, раскладки якорей, определении наилучшего натяжения якорных связей, при котором будет обеспечена их надежность, углы крена/дифферента, а в режиме эксплуатации учитываются еще ограничения, накладываемые на линейные перемещения.

Самостоятельной задачей является также определения гидрометеорологических параметров, при которых необходимо переходить из режима эксплуатации в режим выживания.

Весь перечень задач необходимых для выполнения проекта постановки платформы реализуется с помощью программного комплекса «Anchored Structures». При этом выявляются наилучшие параметры системы удержания, обеспечивающие безусловную надежность работы платформы при максимальном расширении длительности ее эксплуатации в условиях заданной акватории.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Большев А.С., Шхинек К.Н., Филиповская Т.В. Гидротехнические сооружения на континентальном шельфе России. Гидротехника. XXI век, №4 (16) 2013 г., с. 48-56.
2. Teslyruk I., Bolshev A., Optimization of the holding system of floating marine objects on the basis of numerical modeling of their behavior, В сборнике: Proceedings of the 3rd International Conference on Optimization and Analysis of Structures 2015. С. 117-122.
3. Альхименко А.И., Большев А.С., Ватин Н.И. Подготовка нового поколения инженеров-строителей Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2007. № 49. С. 74-79.
4. Большев А.С. Кутейников М.А., Фролов С.А. Математическое моделирование морских плавучих объектов в программном комплексе "AnchoredStructures". Научно-технический сборник РМРС, вып.36, 2013, стр.68-90.
5. Большев А.С, Фролов С.А., Михаленко Е.Б. Математическое моделирование поведения морских плавучих сооружений// Труды СПбГПУ, изд. СПбГПУ, 2006, №502.
6. Bonnemaire B., Lundamo T., Shkhinek K., Bolshev A., Liferov P., Le Guennec S. Dynamic effects in the response of moored structures to ice ridge interactions В сборнике: Proceedings of the International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, POAC, 2009, С. 1080-1094.
7. Bolshev A., Shkhinek K., Frolov S. Mathematical modelling of floating anchored objects behavior under ice influence Proceedings of the 10th (2012) ISOPE Pacific/Asia Offshore Mechanics Symposium, PACOMS 2012, 2012. С. 68-72.
8. НД № 2-020201-008 Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и стационарных платформ; введ. 2014–04–30 // Российский морской регистр судоходства. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2014. 480 с.
9. Тертышникова А.С., Кушнир В.М. Якорная система удержания глубоководной SPAR платформы на фиксированной точке бурения при экстремальных гидрометеорологических условиях Черного моря // Вестник СевНТУ: сб. науч. тр. Вып. 120/2011. Серия: Механика, энергетика, экология. Севастополь, 2011. С. 206-210.
10. Bolshev A.S. Statics and dynamics of anchored floating structures with non-linear characteristics of anchored system Monograph, Gdansk, 1993, 218 p.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
НЕСКАЛЬНОГО ОСНОВАНИЯ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

В настоящее время существуют группы расчетных методов, основывающиеся на разных теоретических предпосылках: теории предельного равновесия и теории предельного напряженно-деформированного состояния.

Развитие теории предельного напряженно-деформированного состояния связано с исследованиями Прандтля, Березанцева, Соколовского, Федоровского, Терцаги.

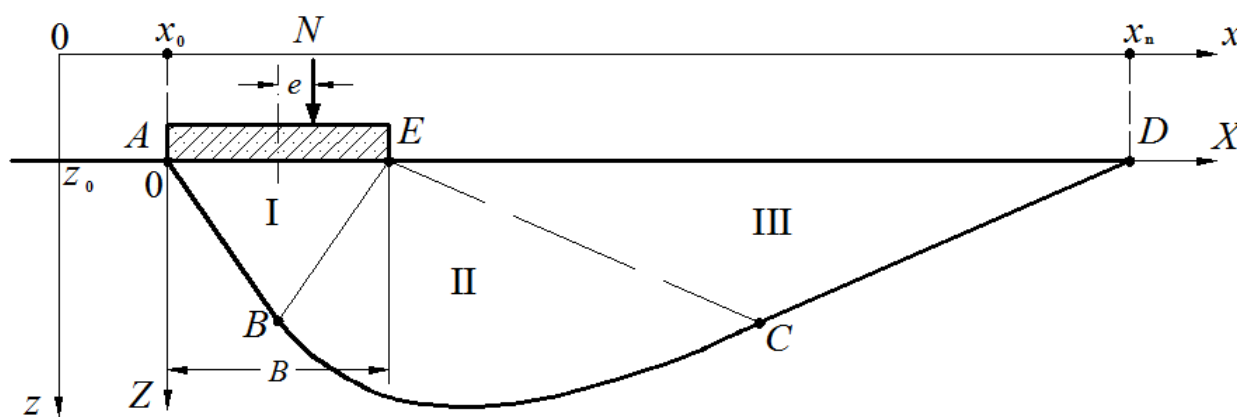


Рис. 1. Расчетная схема

Для оценки несущей способности основания нами использована теория предельного равновесия. Уравнения предельного равновесия произвольного элемента упругого клина (участок 1), представленного на рис. 1, определяются выражениями:

$$\sum X = 0: \begin{cases} q_x dX - dE/B + Z'\sigma dX - \tau_k dX = 0, & X \in [0; X_B]; \\ q_x dX - dE/B + Z'\sigma dX + \tau_k dX = 0, & X \in [X_B; 1]; \end{cases} \quad (1)$$

$$\sum Z = 0: \begin{cases} q_z dX - dT/B - \sigma dX - Z'\tau_k dX = 0, & X \in [0; X_B]; \\ q_z dX - dT/B - \sigma dX + Z'\tau_k dX = 0, & X \in [X_B; 1]; \end{cases} \quad (2)$$

$$\sum M = 0: m dX - dM/B + Z'EdX - TdX = 0, \quad X \in [0; 1], \quad (3)$$

где $q_x dx$, $q_z dx$ – компоненты равнодействующей поверхностной и объемной нагрузок; $m = q_x b$ – момент горизонтальной нагрузки интенсивностью q_x относительно середины подошвы элемента; E , T – компоненты сил взаимодействия между элементами, являющиеся равнодействующими соответственно нормальных и касательных напряжений, действующих на вертикальных гранях элемента; $M = Ea$ – момент силы E относительно подошвы элемента; $\tau_k = f_k \sigma + c_k$, σ – компоненты напряжения на поверхности обрушения, соответствующие предельному состоянию; $z = z(x)$ – функция, описывающая профиль поверхности обрушения; z' – производная от $z(x)$ по x на интервале $[x_A; x_E]$.

В эту систему уравнений предельного равновесия входят четыре неизвестные функции: E , T , M , σ , поэтому задача остается статически неопределимой.

Для вычисления коэффициента запаса устойчивости конкретного сооружения предложена оригинальная методика [3], по которой коэффициент запаса устойчивости определяется как отношение:

$$k_3 = \sqrt{f^2 + s^2} / \sqrt{f_k^2 + s_k^2}, \quad (4)$$

где $f = \tan \varphi$ и c – параметры прочности грунта: расчетные значения без индекса, критические значения (соответствующие состоянию предельного равновесия) с индексом, $s = c \cdot B / N$.

Для сопоставления приведены результаты расчета, полученные по другим методикам оценки несущей способности оснований: СНиП, Березанцева, Горбунова-Посадова, Eurocode 7-Geotechnical Design и с привлечением программного комплекса Plaxis.

Вычисления выполнены для исходных данных: ширина фундамента $b = 10$ м, удельный вес грунта основания $\gamma = 10$ кН/м³, значения прочностных и деформационных характеристик грунта основания, $f = 0,287$ и $c = 20$ кН/м². Внешняя нагрузка $N = 2000$ кН, эксцентриситет $e = 0$ и $\delta = 0$ – угол наклона внешней нагрузки к вертикали.

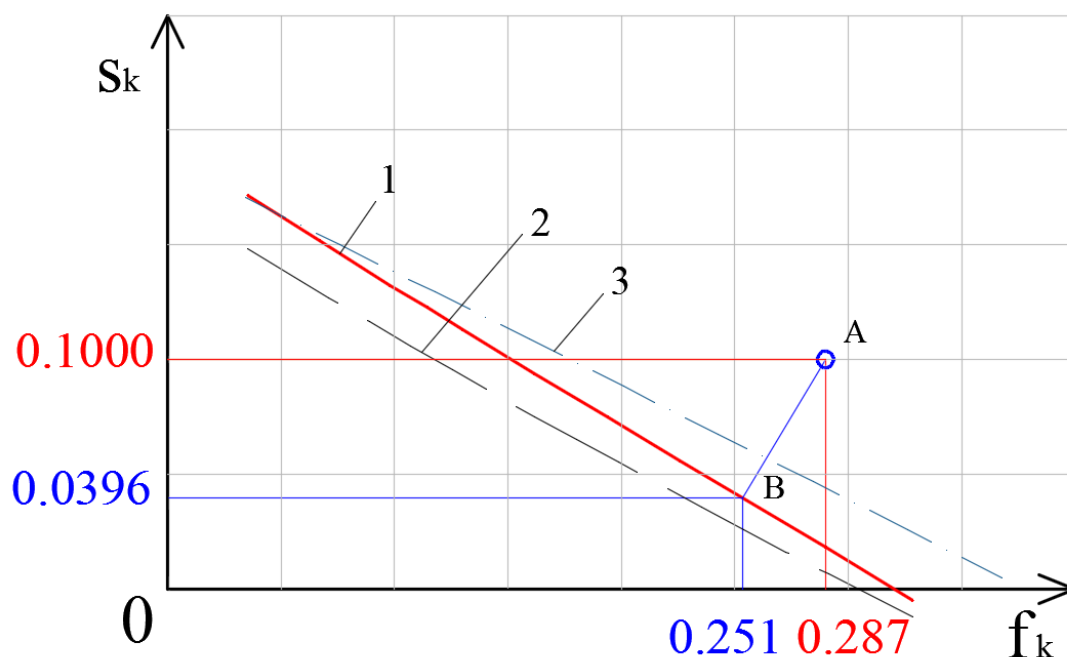


Рис. 2. График зависимости критических значений параметров грунта $s_k(f_k)$ для вычисления коэффициента запаса устойчивости:
линия 1 – метод СНиП [2]; линия 2 – метод Березанцева [1]; линия 3 – метод Eurocode 7 [4]

Результаты, получаемые по разным методам (предельное давление грунтовой основания R_u и коэффициент запаса K_3 по формуле (4)).

1. Метод СП 23.13330.2011 (СНиП 2.02.02-85), приложение Е [2] – $R_u = 3899,2$ кН и $K_3 = 1,196$.
2. Метод Березанцева [1] – $R_u = 4040$ кН и $K_3 = 1,22$.
3. Метод Eurocode 7: Geotechnical Design [4] – $R_u = 3386,61$ кН и $K_3 = 1,124$.
4. Метод М.И. Горбунова-Посадова [1] – $R_u = 1500$ кН и $K_3 = 0,8$.
5. Расчет в комплексной программе Plaxis – $K_3 = 1,21$.

Для вычисления коэффициента запаса устойчивости при расчете конкретного сооружения по оригинальной методике, предложенной в [3], надо из точки A с координатами $(f; s)$ провести перпендикуляр к линии критических значений $s_k(f_k)$. Точка пересечения этих линий (точка B на рис. 2) определяет критические значения параметров прочности грунта основания для конкретной расчетной схемы сооружения. На рис. 2 показан пример определения значения $s_k(f_k)$, в котором получены $s_k = 0,0396$ и $f_k = 0,251$ при использовании линии 1, построенной по методу СНИП. После этого определяется коэффициент запаса устойчивости K_z по формуле (4).

После проведенного анализа расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Результаты расчетов, полученные разными методами, существенно различаются между собой.
2. Концепция определения коэффициента запаса несущей способности основания, используемая в перечисленных методах, за исключением метода [3], приводит к преувеличению значений по сравнению с концепцией [3], используемой в гидротехническом строительстве.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Березанцев В.Г. Расчет оснований сооружений. Л.: Стройиздат, 1970.
2. СП 23.13330.2011 Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85.
3. Бухарцев В.Н., Ву Мань Хуан. Повышение надежности оценки устойчивости бетонных сооружений на нескальном основании против сдвига с поворотом // Гидротехническое строительство, 2012, № 10.
4. Eurocode 7: Geotechnical Design.

УДК 627.841.07:532.543.2

Н.Т.Фам, В.Н.Бухарцев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ ФРАГМЕНТАЦИИ ТЕЛА ОБРУШЕНИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ НЕСКАЛЬНОГО ОСНОВАНИЯ

Выполнен анализ влияния фрагментации тела обрушения на оценку устойчивости нескального грунтового основания по схеме глубинного сдвига при различных эксцентриситетах вертикальной нагрузки на массивное сооружение. Исследование выполнено для всего диапазона значений параметров прочности грунтов (рис. 1).

Над решением этой задачи трудились Л. Прандтль [1], В.Г. Березанцев [2], В.Г. Федоровский [3], К. Терцаги [4] и др. В работах этих исследователей профиль поверхности, ограничивающий тело обрушения, представлен двумя прямолинейными отрезками, соединенными между собой криволинейной вставкой, либо участки II и III объединялись в один (рис. 1). Грунт тела обрушения в одних исследованиях рассматривался как невесомый, в других – весомый.

Авторами выполнено исследование влияния эксцентриситета вертикальной силы на несущую способность однородного основания [6], в котором в рамках схемы предельного равновесия для плоской задачи строго соблюдаются законы механики, т.е. используемые гипотезы о форме поверхности обрушения и распределении нормального напряжения по этой поверхности не противоречат законам механики. В этом исследовании использовано эвристическое предположение о том, что при эксцентричном приложении нагрузки на массивное сооружение происходит искривление границ профиля упругого клина в грунтовом массиве основания (участок I на рис. 1).

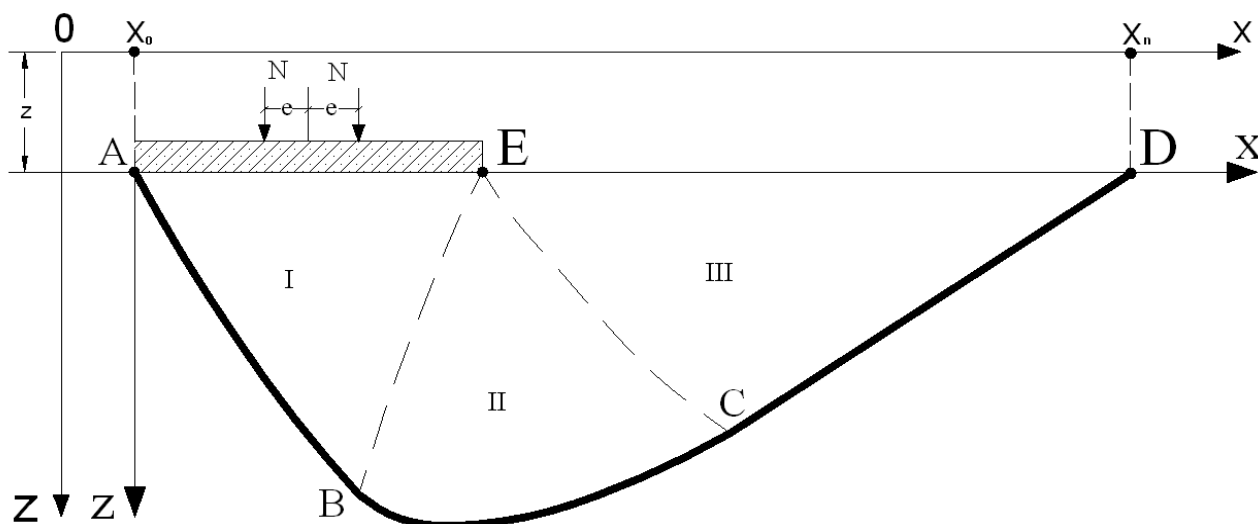


Рис. 1. Расчетная схема для оценки несущей способности основания

Как было отмечено в этом исследовании при использовании общепринятой расчетной схемы с разбивкой тела обрушения на три участка критические значения параметров прочности грунтов нескального основания определяется исключительно силами сопротивления со стороны грунтового массива основания внедрению упругого клина (участок I). Два других участка не влияют на оценку критических значений параметров прочности грунта, поскольку очертание профиля поверхности обрушения этих участков определяются критическими значениями f_k , c_k , вычисленными для участка I.

В данной работе на примере эксцентричного приложения к массивному сооружению вертикальной нагрузки проанализирована обоснованность разбиения тела обрушения на участки.

Были рассмотрены:

- а) общепринятая схема, при которой тело обрушения разбито на три участка;
- б) на поверхности, представленной профилем EC , напряженное состояние грунта не достигло состояния предельного равновесия, поэтому участки II и III рассматриваются как один участок;
- в) в пределах тела обрушения кроме поверхности обрушения нет других поверхностей, на которых напряженное состояние грунта достигло бы состояния предельного равновесия, поэтому все три участка рассматриваются как один.

Уравнения предельного равновесия произвольного элемента объединенных участков II и III, представленного на рис. 1, определяются в диапазоне $X \in [X_B; X_D]$ выражениями:

$$\sum X = 0: \quad q_x dX - dE/B + Z'\sigma dX - \tau_k dX = 0, \quad (1)$$

$$\sum Z = 0: \quad q_z dX - dT/B - \sigma dX - Z'\tau_k dX = 0, \quad (2)$$

$$\sum M = 0: \quad m dX - dM/B + Z'EdX - TdX = 0, \quad (3)$$

где $q_x dX$, $q_z dX$ – компоненты равнодействующей поверхностной и объемной нагрузок; $m = q_x b$ – момент горизонтальной нагрузки интенсивностью q_x относительно середины подошвы элемента; E , T – компоненты сил взаимодействия между элементами, являющиеся равнодействующими соответственно нормальных и касательных напряжений, действующих на вертикальных гранях элемента; $M = Ea$ – момент силы E относительно подошвы элемента; $\tau_k = f_k \sigma + c_k$, σ – компоненты напряжения на поверхности обрушения, соответствующие предельному состоянию, ($f_k = \tan \phi_k$ и c_k – критические значения параметров прочности грунта);

$X = \frac{x - x_A}{B}$; $Z = \frac{z - z_A}{B}$; $B = x_E - x_A$ – ширина подошвы сооружения; Z' – производная по X , равная тангенсу угла наклона к оси x касательной к линии $z(x)$; $z = z(x)$ – функция, описывающая профиль поверхности обрушения; z' – производная от $z(x)$ по x на интервале $[x_B; x_D]$.

После интегрирования уравнений (1), (2), (3) в пределах от X_B до X и соответствующего преобразования получаются выражения для вычисления сил взаимодействия и их момента в любом вертикальном сечении профиля тела обрушения [6]. Распространяя интегрирование на все тело обрушения от X_B до X_D , получим систему уравнений равновесия тела обрушения $BCDE$ в целом. В безразмерных координатах с использованием безразмерных функций эти выражения принимают вид:

$$\int_{X_B}^{X_D} [(f_k - Z')\tilde{\sigma} + s_k] dX = \int_{X_B}^1 \tilde{q}_x dX ; \quad (4)$$

$$\int_{X_B}^{X_D} [(1 + f_k Z')\tilde{\sigma} + s_k Z'] dX = \int_{X_B}^{X_D} \tilde{q}_z dX ; \quad (5)$$

$$\int_{X_B}^{X_D} \{ [Z(Z' - f_k) + X(1 + Z'f_k)]\tilde{\sigma} + (Z'X - Z)s_k \} dX = \int_{X_B}^1 \left(\frac{m}{\bar{\sigma}B} - Z\tilde{q}_x \right) dX + \int_{X_B}^{X_D} X\tilde{q}_z dX , \quad (6)$$

где $\tilde{\sigma} = \sigma/\bar{\sigma}$, $s_k = c_k/\bar{\sigma}$, $\tilde{q}_x = q_x/\bar{\sigma}$, $\tilde{q}_z = q_z/\bar{\sigma}$, $\bar{\sigma} = N/B$ – среднее нормальное напряжение у подошвы сооружения.

Из этой системы уравнений вычисляются значения параметра c_k и после этого строится график зависимости между f_k и c_k .

ЛИТЕРАТУРА:

1. Prandtl L. Über die Harte plastischer Körper / L. Prandtl // Göttingen Nachrichten. 1920.
2. Березанцев, В.Г. Расчет оснований сооружений. Л.: Стройиздат, 1970.
3. Федоровский, В.Г. Несущая способность ленточного фундамента при действии эксцентричной наклонной нагрузки. Невесомое связное основание. «ОСМГ». 2003, №5.
4. Terzaghi K. Theoretical Soil Mechanics/ K. Terzaghi. Wiley, New-Jork. 1947.
5. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. М.: Гостехиздат, 1954.
6. Фам Н.Т., Бухарцев В.Н. Влияние эксцентричного приложения вертикальной нагрузки на несущую способность нескального основания массивного сооружения// Неделя науки СПбПУ, СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015

УДК 627

М.В.Хрестьяновская, О.Н.Бабаевская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОСАДКА КРАНОВОГО РЕЛЬСА ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИЧАЛ

При эксплуатации причалов и увеличении грузооборота порта часто возникает необходимость увеличения эксплуатационной нагрузки на тыловую зону причала, где расположены складские помещения или площадки [1]. Увеличение нагрузки приводит к перераспределению напряжений в основании причала, что ведет к дополнительной осадке тылового кранового рельса [2-4].

В состав элементов сооружения, технический контроль которых осуществляется с применением методов геодезических измерений, следует включать крановые пути [6, 7, 9, 10]. Контролируемыми параметрами технологических элементов для крановых путей являются

прямолинейность осей рельсов, высотное положение головок рельсов, расстояние между осями рельсов, зазоры в стыках и смещение торцов рельсов в плане и по высоте. Для обеспечения безаварийной работы portalного крана разность отметок головок прикордонного и тылового рельсов не должна превышать значения, регламентированного ГОСТ 54523-2011 [5, 8].

Для обоснования возможности увеличения эксплуатационной нагрузки в тыловой зоне причала № 9 морского порта Туапсе до значения 150 кН/м² был проведен расчет осадки тылового кранового рельса от увеличения эксплуатационной нагрузки в тыловой части причала в соответствии с СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». Осадку основания рельса s с использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого полупространства определялась методом послойного суммирования по формуле (5.16) [5]:

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i}) h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zy,i} h_i}{E_{e,i}}, \quad (1)$$

где β – безразмерный коэффициент, равный 0,8; $\sigma_{zp,i}$ – среднее значение вертикального нормального напряжения от внешней нагрузки в i -ом слое грунта по вертикали, проходящей через центр подошвы действующей нагрузки, кПа; h_i – толщина i -го слоя грунта, см; E_i – модуль деформации i -го слоя грунта по ветви первичного нагружения, кПа; $\sigma_{zy,i}$ – среднее значение вертикального напряжения в i -ом слое грунта по вертикали, проходящей через центр подошвы действующей нагрузки от собственного веса грунта; $E_{e,i}$ – модуль деформации i -го слоя грунта по ветви вторичного нагружения, кПа.

Значение вертикального напряжения от внешней нагрузки σ_{zp} на глубине z от подошвы нагрузки определяют по формуле:

$$\sigma_{zp,i} = \alpha p, \quad (2)$$

где α – коэффициент, принимаемый по таблице 5.8 [5] в зависимости от относительной глубины $\xi = \frac{2z}{b}$; p – среднее давление под подошвой нагрузки, кПа.

Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на глубине z от подошвы нагрузки определяют по формуле:

$$\sigma_{zy} = \alpha \sigma_{zg,0}, \quad (3)$$

где α – то же, что и в (2); $\sigma_{zg,0}$ – вертикальное напряжение от собственного веса грунта на отметке подошвы фундамента, определяемое по формуле:

$$\sigma_{zg,0} = \gamma' d, \quad (4)$$

где γ' – удельный вес грунта, расположенного выше подошвы, кН/м³; d – глубина заложения фундамента, м.

Нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $z = H_c$, где выполняется условие:

$$\sigma_{zp} = 0,5 \sigma_{zg}. \quad (5)$$

При расчете шпально-балластное основание кранового рельса представлялось «рассчитываемым фундаментом», получающим осадку от действия эксплуатационной нагрузки, условно принятой «влияющим фундаментом». Вертикальные напряжения на глубине z от подошвы «рассчитываемого фундамента» по вертикали определялись алгебраическим суммированием напряжений в угловых точках четырех фиктивных фундаментов в соответствии с рис. 5.3 [11].

Расчет осадки тылового кранового рельса был проведен в следующем порядке:

1. Без учета эксплуатационных нагрузок.
2. С учетом воздействия паспортных эксплуатационных нагрузок.

3. С учетом воздействия эксплуатационной нагрузки величиной 150 кН/м^2 .

Для каждого расчетного случая в соответствии с условием 5 определялось значение глубины сжимаемой толщи H_c . Расчетные схемы приведены на рис. 1.

В результате расчета были получены данные, приведенные в табл. 1.

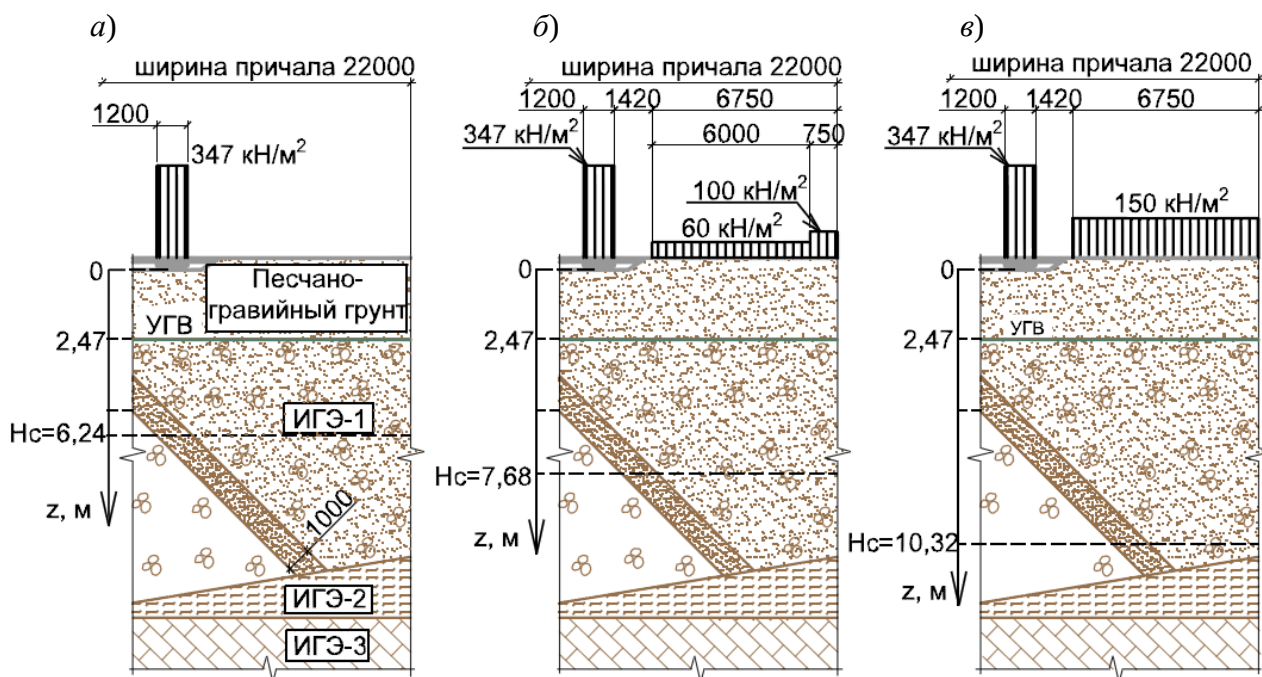


Рис. 1. Расчетные схемы для определения осадки рельса:

а – без учета эксплуатационных нагрузок, *б* – с учетом паспортных эксплуатационных нагрузок, *в* – с учетом увеличенной эксплуатационной нагрузки

Таблица 1

Результаты расчета осадки тылового кранового рельса

Расчетный случай	Величина осадки, см
Без учета эксплуатационных нагрузок	2,16
Паспортная эксплуатационная нагрузка	2,76
Эксплуатационная нагрузка величиной 150 кН/м^2	4,13

В результате эксплуатации прикордонный рельс получит осадку, соответствующую расчетному случаю «без учета эксплуатационных нагрузок», т.к. по нормам технологического проектирования складирование грузов в прикордонной зоне причала не допускается. Таким образом, при увеличении эксплуатационной нагрузки до величины 150 кН/м^2 , разница осадок прикордонного и тылового крановых рельсов Δ будет равна:

$$\Delta = 4,13 - 2,16 = 1,97 \text{ см.}$$

В соответствии с таблицей 9.1 ГОСТ 54523-2011 [5] максимально допустимая разность отметок головок рельсов в одном поперечном сечении при эксплуатации крана равна 30 мм (3 см), следовательно, при увеличении эксплуатационной нагрузки до величины 150 кН/м^2 , нарушений в работе портального крана не возникнет.

При увеличении эксплуатационной нагрузки в тыловой зоне причала необходимо проводить расчеты для проверки выполнения условий безаварийной работы портального крана. Методика расчета осадки основания кранового рельса с использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого полупространства позволяет определить дополнительную осадку рельса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб.: Лань. 2003
2. Балашов Б.В. и др. Анализ проблем, связанных с обследованиями портовых ГТС (на примере глубоководной достроечной набережной). Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2013. Т. 269. С. 110-117.
3. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Межвузовский сборник научных трудов. Магнитогорск, 2003. С. 34-39.
4. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
5. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2012.
6. Малеванов К.А. и др. Сравнительный анализ технического состояния морских гидротехнических сооружений за пятилетний период эксплуатации. XXXIV неделя науки СПбГПУ. Материалы Всероссийской межвузовской НТК. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С. 3-4.
7. Малеванов К.А., Беляев Н.Д. Характерные повреждения причалов типа «больверк» и мероприятия по их устранению. XXXII неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской НТК. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. С. 17-19.
8. Михаленко Е.Б. и др. Инженерная геодезия. Наблюдения за техническим состоянием и деформациями при строительстве и эксплуатации сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
9. Пучков А.Л., Беляев Н.Д. Основные виды повреждений глубоководной достроечной набережной ОАО «Адмиралтейские верфи». XI Неделя науки СПбГПУ. Материалы международной НПК. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. С. 16-17.
10. Пучков А.Л., Беляев Н.Д. Сопоставление результатов двух обследований глубоководной достроечной набережной ОАО «Адмиралтейские верфи». XLI Неделя науки СПбГПУ. Материалы НПК. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. С. 14-16.
11. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. М.: 2011.

УДК 626

К.Ю.Черняев, Д.А.Кузнецов, В.К.Коровина, И.Того
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЗАЩИТА ОТ ДЕГРАДАЦИИ БЕТОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГТС В ЗОНЕ ПЕРЕМЕННОГО УРОВНЯ ВОДЫ

Проблема разрушения бетонной поверхности ГТС под действием многочисленных циклов заморозки и оттаивания является крайне важной для северных регионов России и мира в целом. Поэтому данная тема актуальна для рассмотрения и поиска возможных решений, чтобы увеличить срок эксплуатации сооружений [1-5].

На настоящий момент существует множество решений данной проблемы и некоторые из них уже используются на практике, однако эти варианты трудно применить к ГТС в период эксплуатации. Учитывая этот недостаток, необходимо найти другие меры защиты ГТС. Поэтому предлагается для рассмотрения передвижной барьер в качестве нового способа решения проблемы, где учитываются эти недостатки.

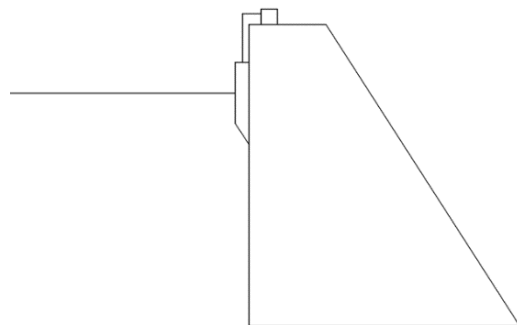


Рис. 1. Профиль плотины
с защитным барьером

Передвижной барьер (Рис. 1, 2) – это механизм, препятствующий непосредственному контакту с водой наружной поверхности ГТС. Он создан для защиты поверхности ГТС от многочисленных циклов заморозки и оттаивания, размещается в районе УМО, где в зимний период проявляются эти циклы.

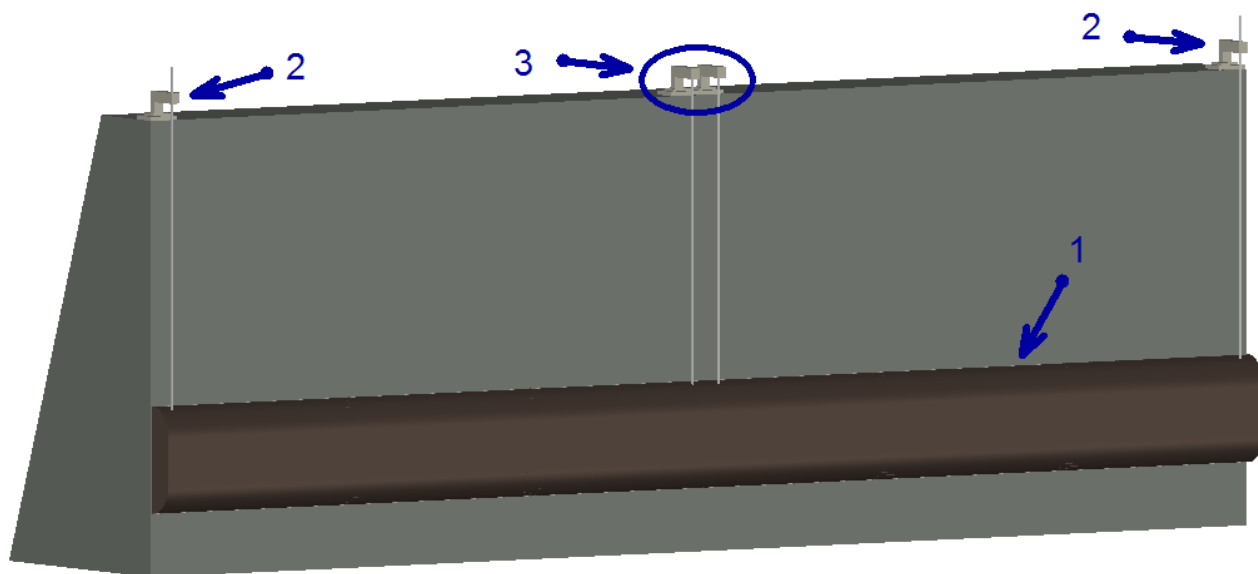


Рис. 2. Защитный барьер: 1 – барьер; 2 – крайние подъемные краны (подъем осуществляется за счет поднятия стальных стержней), регулирующие вертикальное перемещение; 3 – подъемные краны (подъем осуществляется за счет поднятия стальных тросов)

Барьер состоит из сборных элементов, которые соединяются между собой замком (рис 3). Он устанавливается на опорных вертикальных механизмах передвижения, состоящих из кранов со стальными стержнями.

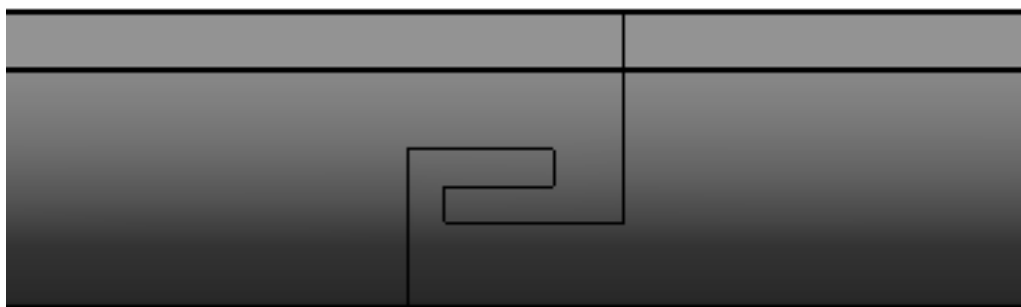


Рис. 3. Замковое соединение сборных элементов

Барьер сделан из керамогранита – водостойкого материала с крайне низким водопоглощением, что позволяет ему выдерживать многочисленные циклы заморозки и оттаивания, не разрушаясь. Так как соединение замком сборной конструкции плит не исключает вертикальное перемещение относительно друг друга, их необходимо закрепить между собой стальными балками. При вертикальном перемещении барьера существует проблема разрушения бетонной поверхности по причине истираемости. Для этого барьер оснащен затворами, которые расположены на кромках (рис. 4).

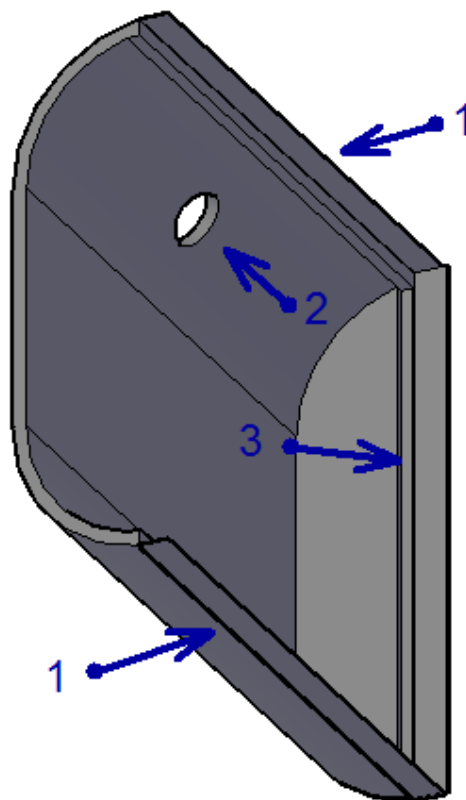


Рис. 4. Конструкция барьера:

1 – Затворы; 2 – проем для присоединения шланга;
3 – неподвижный затвор, не позволяющий проникать воде с краю

Это позволяет барьеру при открытых затворах свободно перемещаться по высоте. В местах замкового соединения и в месте соприкосновения затворов барьера с бетонной поверхностью появляется проблема проникновения воды внутрь барьера, которая решается вставкой уплотнителя. В неподвижном состоянии затворы закрываются для того, чтобы перекрыть доступ воды между барьером и ГТС. Оставшаяся вода между ними удаляется, и пространство высушивается с помощью компрессора.

Удаление воды из барьера: с помощью компрессора подается высокое давление через шланги, позволяющее вытеснить воду из барьера через обратный клапан. Шланги присоединяют к отверстиям, расположенным в верхней части барьера (см. рис. 3).

Механизм передвижения состоит из подъемных кранов, расположенных на верхней части ГТС. Краны поднимают и опускают барьер с помощью стальных тросов. Так как необходимо обеспечить перемещение барьера строго по вертикали, крайние краны придется оснастить стальными нержавеющими стержнями. В свою очередь, стержни и тросы крепятся к керамогранитному барьеру.

Из всех геометрических размеров барьера в большей степени интересует его высота. Высота барьера будет выбираться в соответствии с характерными природными и климатическими условиями для данного региона. Так, например, для полярной зоны Сибири толщина льда достигает 3 м, и поэтому высота барьера будет подбираться под эту величину [6].

Так как конструкция барьера находится в зоне переменного уровня воды, то к материалам барьера, шлангам и уплотнителям предъявляются определенные требования по: прочности, морозостойкости и водонепроницаемости.

Данная конструкция может быть использована в любых типах ГТС и в любых климатических условиях при строительстве, реконструкции и эксплуатации. Конструкция

барьера является ремонтпригодной, что позволяет довольно просто проводить замену устаревших частей и дает возможность увеличить время эксплуатации всей конструкции.

В настоящее время существующие методы защиты ГТС от разрушения при многочисленных циклах заморозки и оттаивания являются трудноосуществимыми в отношении уже построенных ГТС. Поэтому конструкция барьера является уникальной, так как она с успехом решает эту проблему.

Остаются вопросы по выбору материалов для барьера, уплотнителей, шлангов, так как используемый материал должен соответствовать ГОСТам по морозостойкости.

Необходимо постоянное наблюдение за механизмом и частями конструкции, чтобы полностью быть уверенными в ее работоспособности и надежности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ДООО «179 промышленно-строительный комбинат» ОАО ХК «ГВСУ «Центр» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.179psk.ru/> (Дата обращения: 17.07.2016).
2. Бухарцев, В.Н. Речные гидротехнические сооружения. Водопропускные сооружения водохранилищных гидроузлов [Текст]: учеб. пособие / В. Н. Бухарцев. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 107 с.
3. Бухарцев, В.Н. Речные гидротехнические сооружения. Водоподпорные сооружения водохранилищных гидроузлов [Текст]: учеб. пособие / В. Н. Бухарцев. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 134 с.
4. Бухарцев, В.Н. Речные гидротехнические сооружения. Водозаборные и деривационные гидроузлы [Текст]: учеб. пособие / В. Н. Бухарцев, Н. П. Лавров. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 111 с.
5. Кудинов, А.А. Строительная теплофизика [Текст]: учебное пособие для вузов / А. А. Кудинов. Москва: Инфра-М, 2013. 261 с.: ил. Высшее образование. Бакалавриат. Библиогр.: с. 244-245.
6. Расчет толщины ледяного покрова [Электронный ресурс]. URL: http://ieek.timacad.ru/html2/med_gidr/P8.html (Дата обращения: 19.07.2016).

УДК 697

Д.Т.Чургулия, К.С.Миков, А.Е.Харсеев, Т.В.Филиповская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОСТАНОВКИ МОРСКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ПЛАТФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CIVIL 3D И REVIT

Одним из важнейших средств оптимизации работы специалистов является грамотная реализация комплексного проектирования. В современных условиях выполнение любых проектных работ невозможно без использования тех или иных средств математического моделирования [1-3]. Ярким примером может служить связывание цифровой модели рельефа, выполненной в программном продукте AutoCAD Civil 3D, с трехмерной моделью здания или сооружения, созданной в Autodesk Revit. Revit хорошо интегрирован с Civil 3D, что делает возможным передачу из одного программного продукта в другой как сооружений, так и рельефов местности. В частности, такой экспорт цифровой модели местности делает возможным при работе в Revit осуществлять расчет в Civil 3D перемещения грунта при решении задач вертикальной планировки прилегающей к сооружению территории, поскольку имеющиеся в Revit инструменты работы с поверхностями существенно уступают тому, что есть в Civil 3D и Autodesk Land Desktop [4].

Задачей данной работы является моделирование постановки морской стационарной платформы в среде программного продукта Autodesk Revit, и его совмещения с рельефом дна, созданным в программном продукте AutoCAD Civil 3D.

Civil 3D позволяет проектировать линейные сооружения, цифровые модели существующего рельефа на основе обработки данных геодезической съемки, объекты инфраструктуры. Помимо возможностей проектирования, он выполняет такие задачи, как

геопространственный анализ местности, составление сметы и динамический расчет объемов земляных работ.

Задача проектирования опорной части морской стационарной платформы была выполнена с помощью Revit. Данный программный продукт предоставляет широкую возможность архитектурного проектирования, проектирования инженерных систем и строительных конструкций, а также информационного моделирования строительства.

В качестве примера взят проект стационарной платформы «Лунская-А», установленной в 15 км от побережья на глубине 48 м на шельфе Охотского моря. Несущая часть платформы представляет собой железобетонное основание гравитационного типа с четырьмя опорами, на которых располагаются верхние строения с технологическим оборудованием и сооружениями. Высота и масса основания составляет 69,6 м и 103000 тонны соответственно. Плита основания имеет размеры 88x105x13,5 м. Юго-восточная опора используется как площадка скважины, северо-восточная опора предназначена для стояков морского трубопровода с закруглением большого радиуса, а остальные две опоры служат для установки насосов и резервуаров.

На рис. 1 представлена трехмерная модель опорного основания морской платформы для обустройства Лунского месторождения. Геометрическое моделирование платформы выполнено в программе Revit с помощью формообразующих элементов.

На рис. 2 представлена разработанная модель грунтового основания платформы, спроектированная в программе Civil 3D, необходимого для установки сооружения на морское дно. С помощью программы Civil 3D выполнен расчет объемов работ, связанных с созданием искусственного основания.

На рис. 3 представлена итоговая геометрическая модель морской платформы, установленной на месторождении.

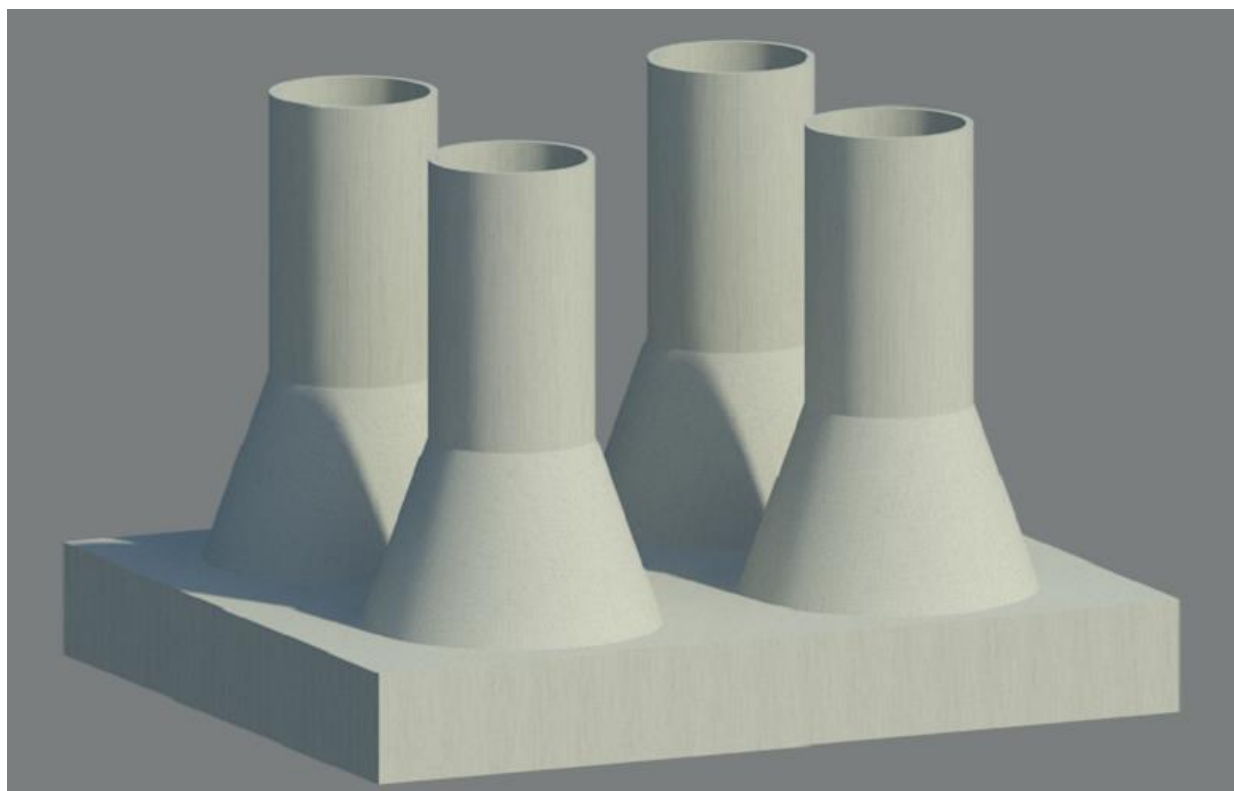


Рис. 1. Трехмерная модель опорного основания

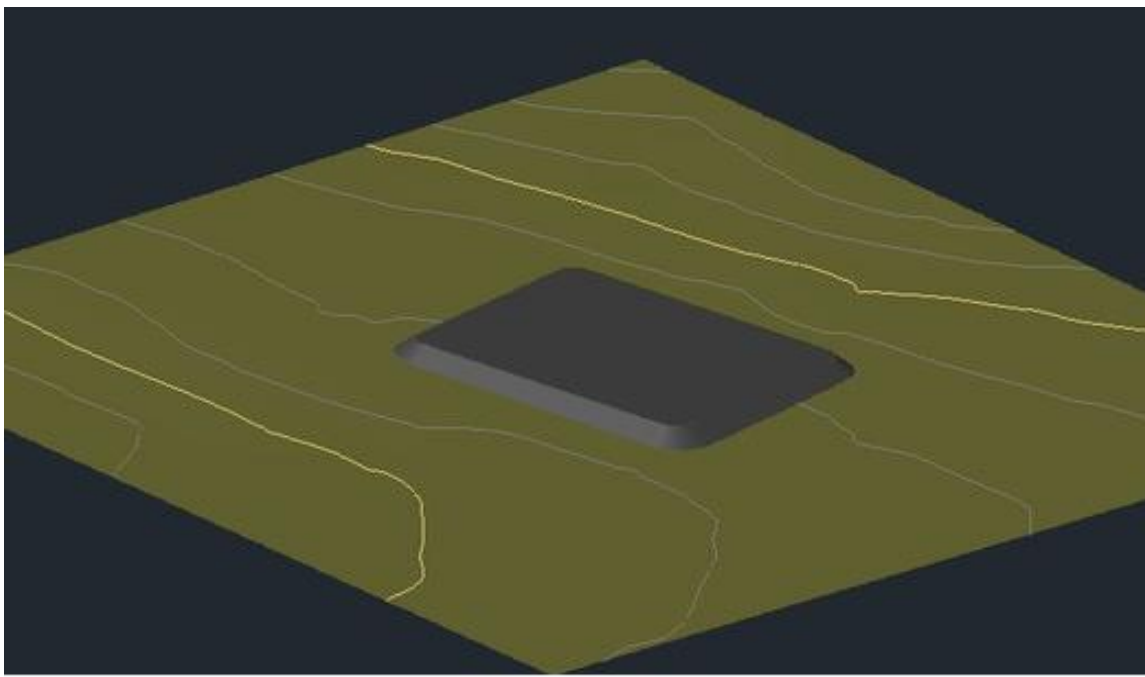


Рис. 2. Трехмерная модель морского дна с разработанным грунтовым основанием

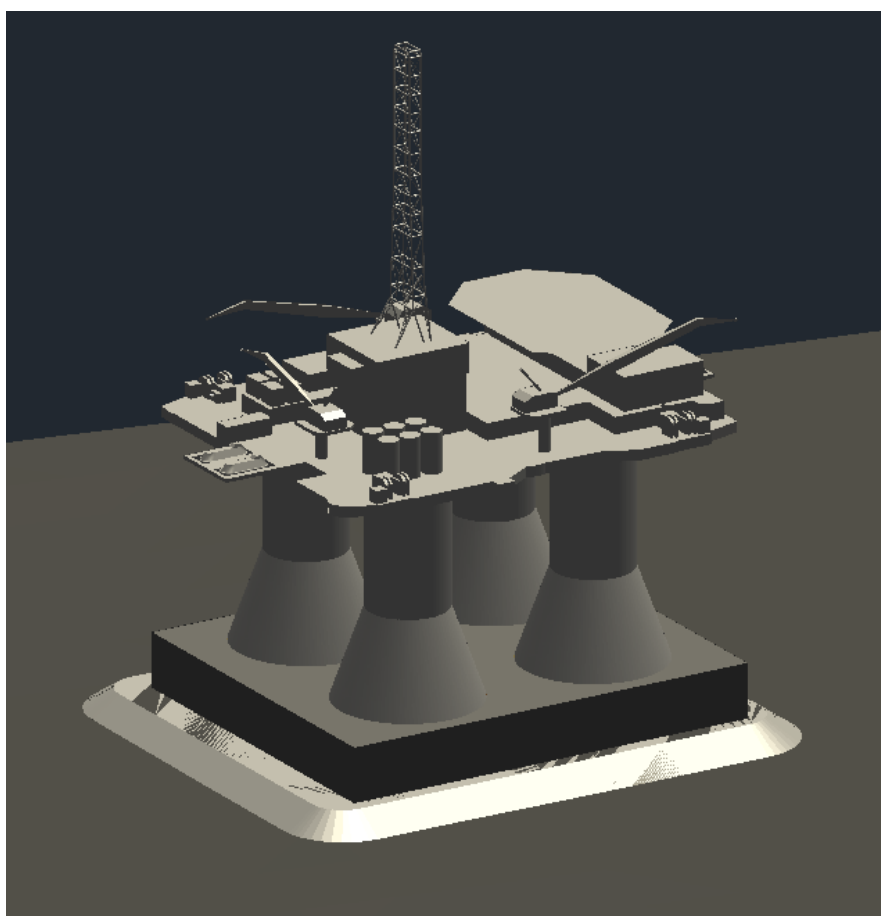


Рис. 3. Окончательная модель морской платформы

Таким образом, в рамках настоящей работы реализована технология моделирования геометрической модели сооружения совместно с морским основанием, выполненная с помощью соединения возможностей двух программных продуктов Civil 3D и Revit. В настоящее время, когда все проектные работы выполняются с помощью средств математического моделирования с различными возможностями, данная технология является актуальной и востребованной. Процесс проектирования значительно упрощается за счет создания всех необходимых компонентов в тех средах, которые специализируются на конкретных задачах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Большев А., Фролов С., Филиповская Т., Кутейников М., Карлинский С. Математическое моделирование поведения морских объектов в среде Anchored Structures. САПР и графика. 2015. № 6 (224). С. 39-43.
2. Большев А.С., Фролов С.А., Чернецов В.А., Филиповская Т.В. Система мягкой посадки плавучего затвора судопропускного сооружения С-1 комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений. Инженерно-строительный журнал. 2012. № 9 (35). С. 103-112.
3. Альхименко А.И., Большев А.С., Фролов С.А., Филиповская Т.В. Математическое моделирование буксировки плавучих сооружений. В сборнике: Безопасность водного транспорта Труды Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Санкт-Петербурга. СПб., 2003. С. 76-79.
4. Большев А.С., Филиповская Т.В. Проектирование землеустройства на базе Autodesk Land Desktop. учебное пособие / А. С. Большев, Т. В. Филиповская; СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005.

УДК 528

К.А.Кузенков, Г.А.Воробьев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЗАСЕЧЕК В РЕШЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

В последние 10-15 лет при выполнении геодезических работ повсеместно стали применяться электронные тахеометры [3, 8]. Практически ни одна серьезная стройка без них не обходится. При геодезическом обеспечении строительства зданий и сооружений широко применяется метод обратной засечки, который позволяет быстро определить координаты места установки тахеометра с высокой точностью [6]. Геодезическими засечками согласно ГОСТ 22268-76 называют определение координат точки по элементам, измеренным на ней или на исходных пунктах [2].

При решении конкретных геодезических задач предъявляются различные требования к точности, в связи с этим необходимо определить наименьшее количество засечек, удовлетворяющих этим требованиям.

В данной работе рассматривалось использование метода засечек и требуемая точность геодезических измерений, в зависимости от количества засечек, для выполнения таких видов работ, как съемка черной поверхности земли, разбивочные работы и исполнительная съемка. Эти исследования проводились на базе данных, полученных в ходе учебной геодезической практики [1].

Целью работы являлось следующее: на основе анализа результатов, полученных для различных видов инженерно-геодезических работ оценить влияние количества засечек на точность определения координат тахеометра.

Геодезическая практика проходила г. Красноярск в 2016 г. на двух объектах: гипермаркете «Лента» на территории завода «Красфарма» и гипермаркете «Ашан» в микрорайоне «Покровский» на этапе монтажа несущих металлических конструкций.

а)



б)



Рис. 1. Строительные площадки
а – гипермаркета «Лента»; б – гипермаркета «Ашан»

В основном на практике использовался электронный тахеометр SOKKIA SET 510. Во время геодезической практики выполнялись такие виды работ, как вынос осей здания в натуру; вынос проектных отметок в натуру; исполнительная съемка металлических конструкций и тахеометрическая съемка черной поверхности земли перед началом земляных работ.

Почти для каждого вида работ на стройплощадке требуется делать засечку, для привязки к городской системе координат. Засечка делалась по предварительно установленным на соседних домах отражательным маркам. Для определения местоположения станции достаточно провести засечки по двум точкам, между которыми будет угол больше 90° , но для получения большей точности использовались 3-4 засечки. Погрешность при этом составляла 0,8-1,1 мм, что в полной мере удовлетворяло требованиям к точности измерений.

Случаи, когда при засечке по 3-4 пунктам одна из засечек давала результат, отличный от других, обычно были связаны с тем, что пункты, закрепленные в виде отражательных марок на сооружениях, смещались вследствие деформации сооружений, возникающей под действием ветровой нагрузки или при осадках грунта основания [7].

На первом этапе проводилась съемка черной поверхности земли. Под съемкой черной поверхности понимается геодезическая задача, при решении которой производится определение превышений отметок поверхности земли, относительно проектной отметки. По результатам съемки производится расчет объема земляных работ — досыпки и выемки для выравнивания площадки. В ходе строительных работ слои земли смещаются по горизонтали и вертикали на десятки сантиметров, поэтому нет необходимости в высокой точности съемки черной поверхности.

Вторым видом работ являлись разбивочные работы. Они представляют собой процедуру переноса чертежей «с бумаги в натуру». Разбивочные работы предполагают закрепление на местности положения основных конструкций объекта. При осуществлении разбивочных работ не нужно измерять углы, расстояния и превышения, как это происходит при съемке. В данном случае они откладываются на местности — именно в этом заключается главная отличительная особенность разбивочных работ в процессе строительства [4]. Для выноса первоначально определялось положение станции, причем для получения достаточной точности хватало трех засечек, далее осуществлялся вынос точек. Зная координаты точки, с помощью переносного отражателя осуществлялся поиск расположения этой точки и закрепление ее на местности.

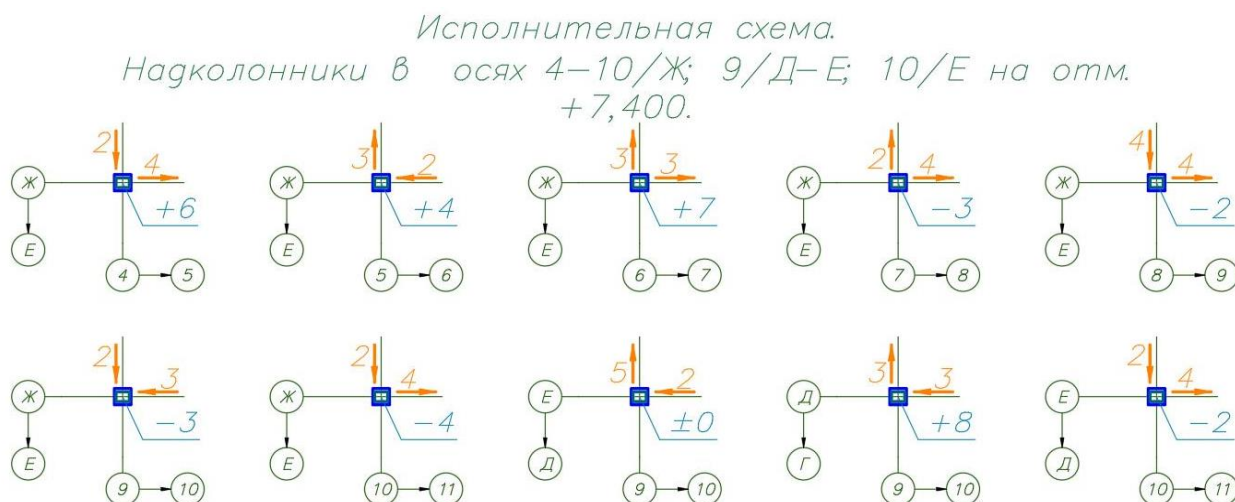


Рис. 2. Пример исполнительной съемки надколонников

Третьим видом работ являлась исполнительная съемка. Исполнительной съемкой называются геодезические измерения, которые определяют положение элементов зданий и сооружений в плане. Для данного типа работ нужна высокая точность измерений, так как неправильный монтаж может сильно повлиять на прочность конструкции [5]. Для исполнительной съемки металлических конструкций (ферм и надколонников) предварительно делалась засечка по четырем точкам в относительной системе координат и, при наведении на конструкцию, производились измерения, которые автоматически записывались в файл работ. Зная координаты найденной точки на объекте, а также его размеры, с помощью программы AutoCAD можно найти отклонения металлических конструкций от проектного положения. Таким образом, осуществлялся контроль монтажных работ. Пример результатов исполнительной съемки приведен на рис. 2.

По результатам проведенных работ можно сделать следующие выводы:

- Съемка черновой поверхности земли не требует высокой точности, поэтому, в ней достаточно использовать всего две засечки.
- Разбивочные работы и вынос точек в натуру должны выполняться с точностью до нескольких миллиметров, поэтому для их выполнения потребуется уже три засечки.
- Исполнительная съемка требует самой высокой точности, что предполагает использование 3–4 засечек в зависимости от необходимой точности для конкретного элемента.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инженерная геодезия. Учебное пособие по геодезической практике. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д. и др. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.
2. Карев А.П., Павлова А.И. К вопросу оценки точности положения геодезических пунктов, определяемых линейно-угловыми засечками. Интерэкспо Гео-Сибирь. 2008. Т. 1. № 1. С. 177-182.
3. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Боголюбова А.А., Вилькевич В.В., Загрядская Н.Н., Ковязин А.В. Инженерная геодезия, использование современного оборудования для решения геодезических задач. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
4. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., Загрядская Н.Н., Смирнов А.А. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2004.
5. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Загрядская Н.Н. Наблюдения за техническим состоянием и деформациями при строительстве и эксплуатации сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
6. Никонов А.В. К вопросу о точности обратной линейно-угловой засечки на малых расстояниях. Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. Т. 1. № 1. С. 93-100

7. Никонов А.В., Чешева И.Н., Лафашина Г.В. Исследование влияния стабильности положения исходной геодезической основы на точность обратной линейно-угловой засечки: Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. с. 2.
8. Belyaev N., Krupin V., Mikhalev E., Smirnov A., Vilkevich V., Zagriadskaya N. Satellite technologies in monitoring of ecosystems. В сборнике: Environment. Technology. Resources Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference. 2015. С. 60-63.

УДК 528

А.В.Куленич, Я.А.Малышев, М.А.Яковлев, В.В.Сергеев,
Е.Б.Михаленко, Я.А.Олехнович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПЕРЕДАЧИ ПРОЕКТНЫХ ОТМЕТОК НА ВЫСОКИЕ СООРУЖЕНИЯ

При строительстве зданий часто возникает задача, связанная с передачей проектных отметок на верхние ярусы возводимого сооружения.

Как правило, эта задача решалась с помощью подвесной стальной рулетки и оптического нивелира [1]. С появлением лазерного геодезического оборудования, а также спутниковых приемников, возможности решения данной задачи существенно расширились. Так, в работе [2] предлагается вместо механической использовать лазерную рулетку, работающую в безотражательном режиме.

Целью работы было сопоставление различных геодезических методов переноса проектных отметок на высокое сооружение с точки зрения их точности и эффективности.

Объектом исследования являлась пристройка Гидрокорпуса 2, находящаяся по адресу Политехническая улица д. 29, к. 10. Рядом с этим зданием был забит колышек, который являлся исходной точкой, отметка которой условно принималась равной 100 метров над уровнем моря. В качестве проектной точки, отметку которой необходимо было определить, принималась точка на крыше пристройки, расположенная на сливе дождевой воды с крыши. Для измерений применялись электронный тахеометр Pentax R-325N, нивелир Pentax AL-320, лазерная рулетка LEICA Disto, а также спутниковый приемник Sokkia GRX1 и спутниковый навигатор Garmin Etrex 30.

Для решения задачи были использованы следующие методы:

1. Нивелирование из середины + лазерная рулетка
2. Нивелирование из середины + электронный тахеометр
3. Тригонометрическое нивелирование с помощью электронного тахеометра
4. Использование спутниковых приемника и навигатора.

В первом методе, используя способ нивелирования из середины, снимаются отсчеты по рейке, установленной на исходной точке и на дюбеле (рис. 1). Вычисляется превышение дюбеля над исходной точкой. Затем, при помощи лазерной рулетки измеряется расстояние от дюбеля до кронштейна, установленного на крыше. С учетом превышения этой точки над исходной, вычисляется превышение кронштейна над исходной точкой. Также методом нивелирования из середины находится превышение кронштейна над проектной точкой и вычисляется превышение проектной точки над исходной точкой и ее отметка. Результаты показаны в табл. 1.

Таблица 1

	Исходная точка	Дюбель	Кронштейн	Проектная точка
Превышение над исходной точкой, мм	0	-134	10410,8	9035,5
Отметка точки, мм	100000	99866	110410,8	109035,5

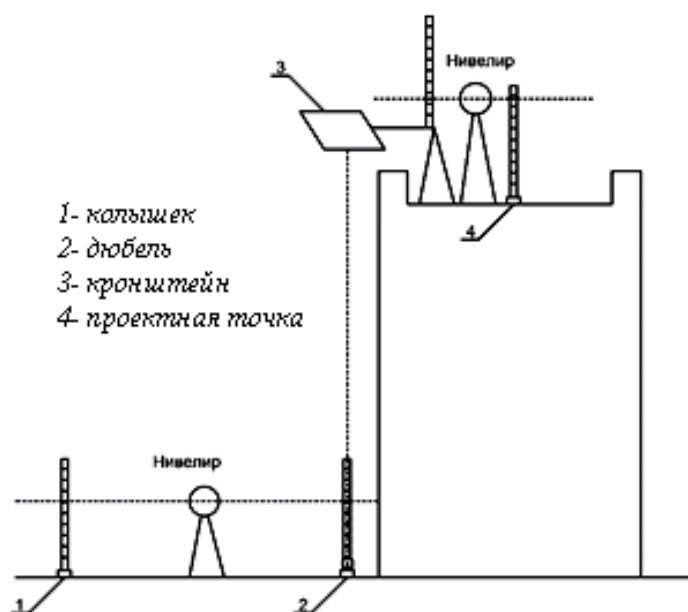


Рис. 1. Нивелирование из середины + лазерная рулетка

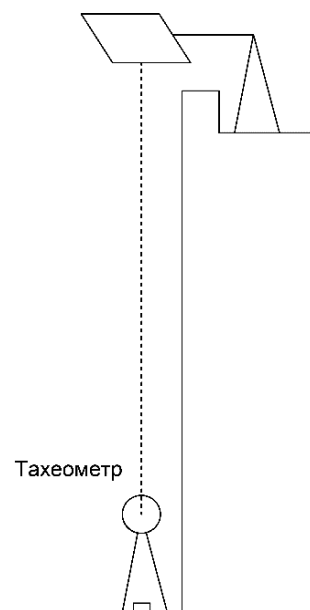


Рис. 2. Замена лазерной рулетки тахеометром

Суть второго метода заключается в замене лазерной рулетки тахеометром (рис. 2). Превышение точки дюбеля над исходной точкой берется из первого метода. Тахеометр ставится над дюбелем, его визирная труба устанавливается вертикально, измеряется высота прибора, а затем, с помощью тахеометра, работающего в безотражательном режиме, – и расстояние до кронштейна. Превышение кронштейна над сливом также берется из первого метода. Вычисляется превышение слива над исходной точкой и ее отметка. Результаты показаны в таблице 2.

Таблица 2

	Исходная точка	Дюбель	Кронштейн	Проектная точка
Превышение над исходной точкой, мм	0	-134	10413,97	9038,6
Отметка точки, мм	100000	99866	110413,97	109038,6

Метод тригонометрического нивелирования (рис. 3). Станция для тахеометра выбирается так, чтобы были видны исходная точка и парапет крыши. При помощи тахеометра и отражателя находится превышение точки на парапете над исходной точкой. Затем тахеометр ставится над проектной точкой и находится превышение парапета над сливом. Вычислялось превышение слива над исходной точкой и ее отметка. Результаты показаны в табл. 3.

Таблица 3

	Исходная точка	Парапет	Проектная точка
Превышение над исходной точкой, мм	0	10016,6	9036,9
Отметка точки, мм	100000	110016,6	109036,9

При использовании спутникового приемника Sokkia GRX1 переносной приемник (Ровер) первоначально устанавливался на исходную точку, а затем на проектную точку и таким образом находилось превышение, а затем и отметка проектной точки.

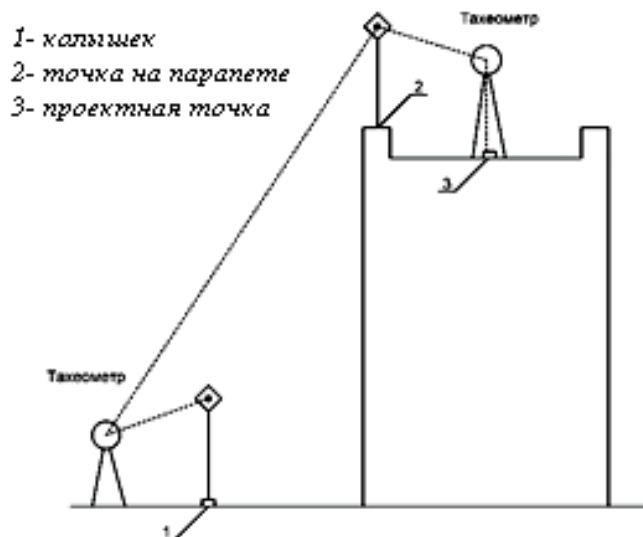


Рис. 3. Тригонометрическое нивелирование

Традиционный метод с подвесной стальной рулеткой здесь не применяется из-за очевидных его недостатков, а именно, из-за необходимости создания устройства для ее подвешивания и натяжения, необходимости учета растяжения полотна рулетки, а также сложности взятия отсчетов из-за вращения рулетки.

Все измерения проводились многократно, в статье указаны их средние значения. Результаты измерений всеми четырьмя способами показаны в табл. 4.

Таблица 4

	1 способ	2 способ	3 способ	4 способ
Проектные отметки, мм	109035,5	109038,6	109036,9	109064,0

Проведенные исследования показали, что способы 1-3 передачи проектных отметок дают очень близкие результаты, но следует отметить, что при увеличении высоты сооружения использование тригонометрического нивелирования будет затруднено из-за ограничений в работе отражателя, в частности его поворотного механизма [3].

При использовании спутникового приемника, для получения требуемой миллиметровой точности необходимо довольно большое время, кроме того на работу этого прибора оказывают влияние наличие близких зданий, крон деревьев и т.п., искажающих сигналы со спутников. Следует также отметить и довольно высокую стоимость приемников [4, 5].

Спутниковый навигатор оказался совершенно непригоден для решения поставленной задачи из-за очень низкой точности определения превышений.

Наиболее эффективным, с точки зрения точности, быстроты, простоты и экономичности, следует считать первый способ, а именно нивелирование оптическим нивелиром с использованием лазерной рулетки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инженерная геодезия. Решение основных инженерных задач на планах и картах. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., Духовской Ф.Н., Смирнов А.А. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006.
2. Шеховцов Г.А., Шеховцова Р.П. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений. Нижний Новгород, 2009. 158 с.

3. Инженерная геодезия. Учебное пособие по геодезической практике. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., Духовской Ф.Н., Смирнов А.А., Трофимов С.В. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012
4. Инженерная геодезия. Современные методы геодезических измерений с использованием искусственных спутников Земли Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., Петров В.В., Смирнов А.А. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009.
5. Инженерная геодезия. Использование современного оборудования для решения геодезических задач. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Боголюбова А.А., Вилькевич В.В., Загрядская Н.Н., Ковязин А.В. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.

УДК 528

Д.А.Серебров, Е.Б.Михаленко, Я.А.Олехнович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В настоящее время при проведении геодезических работ все большие требования предъявляются к срокам их выполнения при строгом соблюдении необходимой точности и качества.

Данное обстоятельство стимулирует проектно-изыскательские, земельно-кадастровые и строительные организации использовать современные приборы для проведения геодезических измерений.

Несмотря на бурное развитие новых областей геодезии, таких как спутниковые технологии, измерения при помощи электронных нивелиров, традиционные геодезические приборы, такие, как оптические нивелиры и электронные тахеометры продолжают активно использоваться.

В данной работе рассматривались различные геодезические приборы, с помощью которых можно эффективно, с точки зрения точности и скорости, проводить измерения в некоторых видах дорожных работ:

1. Получение геодезических данных на стадии проектирования сооружений (инженерно-геодезические изыскания) [1, 2].
2. Вынос в соответствии с проектом и закрепление на местности основных осей и границ сооружений (разбивочные работы) [3].
3. Обеспечение правильных геометрических форм и размеров элементов сооружения на стадии строительства, определение отклонений построенных элементов сооружения от проектных (исполнительные съемки) [4].

Результаты основаны на опыте, полученном в рамках учебной геодезической практики 2016 года [5]. Представлено сравнение геодезических приборов, которыми выполнялись практические работы, и произведен анализ полученных результатов, который позволяет сделать выводы об их наиболее правильном и целесообразном использовании.

Геодезические работы проводились на строящемся подъезде к Керченскому мосту (автодороге М25 Новороссийск – Керченский пролив) при помощи следующих приборов: спутниковый приемник Sokkia GRX2, электронный тахеометр Sokkia CX-103, электронный нивелир Leica SPRINTER 150M, оптический нивелир Sokkia B40. За время работы удалось выявить достоинства и недостатки данных геодезических приборов и определить наиболее подходящие области их применения для выполнения поставленных задач, а также сделать вывод о том, действительно ли все эти приборы необходимы в дорожном строительстве.

Для выполнения разбивочных работ и съемок местности использовались спутниковый приемник Sokkia GRX2 и электронный тахеометр Sokkia CX-103. При выполнении съемок и

вынесении точек на местность с высокой точностью, с погрешностью несколько миллиметров, использовался исключительно электронный тахеометр, потому что спутниковый приемник не способен обеспечить указанную точность – его погрешность в режиме RTK составляет 2-3 см [6]. Однако, такие работы требовали во много раз больше времени, чем при работе с приемником, из-за сложных условий определения положения прибора и необходимости использования реечника. Следует отметить, что квалификация реечника играет очень большую роль при работе с тахеометром.

В то же время, на практике оказалось, что точность спутникового приемника достаточна, чтобы выполнить почти любую задачу по съемке или разбивке. Это, несомненно, является огромным плюсом, потому что во много раз увеличивается производительность труда. Это можно наглядно проиллюстрировать примером съемки плана базы строителей. Работу, которая была сделана за несколько часов, пришлось бы выполнять целый день с помощью тахеометра. Также, при использовании спутникового приемника для работы не нужны пункты геодезической разбивочной основы, реперы и прочие точки с известными координатами и отметками в непосредственной близости от объекта, что делает работу с ним более удобной по сравнению с тахеометром.

Несмотря на все плюсы использования спутникового приемника, у данного оборудования существует один большой недостаток, который проявился при съемке завода по производству бетона для построения его плана. На работу прибора оказывают сильное воздействие препятствия, находящиеся над ним и заслоняющие радиосигнал. Даже небольшие металлические конструкции над приемником могут приводить к полной потере радиосигнала со спутника, что делает его в некоторых случаях абсолютно неэффективным. Эта проблема может возникать и при съемке контуров зданий с нависающей крышей. В таких случаях возможно использование только электронного тахеометра.

Сравнив эти два прибора, при проведении дорожных работ рекомендуются к использованию спутниковый как приемник Sokkia GRX2, так и электронный тахеометр Sokkia CX-103. Несмотря на все очевидные преимущества спутникового приемника, в настоящее время невозможно полностью отказаться от электронного тахеометра из-за необходимости решения в процессе строительства задач, которые можно решить только с помощью данного прибора.

Следует обратить внимание на то, что электронный тахеометр показывает очень близкую точность измерений при небольших вертикальных углах к нивелирам, которые широко используются для определения отметок и превышений. Кроме того с помощью данного прибора возможно снимать показания с тех точек, до которых нельзя добраться при помощи нивелира, например, при работе на мостах и путепроводах.

При выполнении исполнительных съемок было замечено, что электронный нивелир Leica SPRINTER 150M абсолютно не подходит для дорожного строительства, а именно для съемок на больших расстояниях (более 50 м), потому что при большой дальности очень сильно возрастает погрешность в полученных измерениях. Оптический нивелир Sokkia B40 отлично справляется с нивелированием на маленьких и больших расстояниях (до 80 м), точность и дальность его измерений практически не зависят от солнечного света, в отличие от электронного нивелира. Оператор сам контролирует полученные значения, а в электронном нивелире из-за применения штрих-кодовой рейки такой возможности нет. Скорость работы при использовании нивелиров обоих видов примерно одинаковая, однако из-за того, что дальность измерений оптического нивелира больше, требуется меньше перестановок прибора, что увеличивает скорость работы по сравнению с электронным нивелиром. Также следует обратить внимание на очень высокую стоимость электронного нивелира, по сравнению с оптическим. Поэтому с учетом всех преимуществ и недостатков

обоих приборов, электронный нивелир Leica SPRINTER 150M не может быть рекомендован к использованию в дорожном строительстве.

На основе проведенных измерений, после анализа полученных результатов можно определить, какой прибор больше всего подходит для данного вида дорожных работ, а именно:

- Для выполнения инженерно-геодезических изысканий самым эффективным и высокопроизводительным прибором, которым можно в кратчайшие сроки и с достаточной точностью произвести работы, является спутниковый приемник.
- Для выполнения разбивочных работ предлагается использовать в паре электронный тахеометр и спутниковый приемник, так как может быть необходимо вынесение точек на местность с различной точностью. Только вместе эти два прибора смогут максимально увеличить скорость выполнения и качество проводимых работ.
- Для выполнения исполнительных съемок в дорожном строительстве следует выбирать геодезические приборы исходя из поставленных целей и необходимой точности. Для точного определения превышений и высотных отметок рекомендуется использовать оптический нивелир, а для анализа отклонения сооружений в плане с высокой точностью необходимо использовать электронный тахеометр. Для измерений такого рода, но с меньшей точностью можно использовать спутниковый приемник.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Контроль качества строительства, геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации водохозяйственных и гидротехнических сооружений. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
2. Инженерная геодезия, использование современного оборудования для решения геодезических задач. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Боголюбова А.А. и др. учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
3. Инженерная геодезия. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., Загрядская Н.Н., Смирнов А.А. Геодезические разбивочные работы. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2004.
4. Инженерная геодезия. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Загрядская Н.Н. Наблюдение за техническим состоянием и деформациями при строительстве и эксплуатации сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
5. Инженерная геодезия. Учебное пособие по геодезической практике. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д. и др. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.
6. Инженерная геодезия. Использование систем спутникового позиционирования. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., Загрядская Н.Н., Зотов Д.К., Зотов К.В., Ковязин А.В., Смирнов А.А. учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 80 с.

УДК 626/627

И.Е.Фролова, Д.К.Зотов, В.И.Артищева, Е.Н.Дудырина, А.О.Ершова, Н.В.Соколова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЧНЫХ ГИДРОУЗЛОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

В основе проектирования любых сооружений лежит принцип максимального использования типовых решений на основе нормативных документов. Речные гидротехнические сооружения (гидроузлы) в отличие от промышленных и гражданских являются, как правило, уникальными, в силу объективных причин: конкретные природные условия района строительства гидроузла (гидрологические, топографические, инженерно-геологические, климатические), его назначение (энергетика, транспорт, водоснабжение и т.д.), требования охраны окружающей среды диктуют выбор технических решений.

Реальный процесс проектирования является достаточно трудоемким и длительным. Он выполняется специализированными проектными коллективами, руководимыми опытными главными инженерами проектов (ГИПами). К разработке проектов привлекаются инженеры разных специальностей и отделов. Учебное курсовое и дипломное проектирование существенно отличается от производственного объемами и глубиной проработки разделов проекта. Оно выполняется студентом индивидуально и в строго ограниченное время, определяемое графиком учебного процесса, что во многом определяет специфику учебных проектов.

Повышение требований технико-экономической эффективности и безопасности к гидротехническим сооружениям вызывает необходимость все более тщательной проработки и обоснования проектных решений. Развитие математических методов расчетов и информационных технологий за последние десятилетия позволили повысить скорость и качество проектирования вследствие его комплексной автоматизации. Необходимость внедрения систем автоматизированного проектирования (САПР) обусловлена постоянно возрастающим объемом проектно-расчетных и графических работ, усложнением объектов проектирования и, следовательно, потребностью в обеспечении необходимой глубины проработок, рассмотрении большого числа вариантов и оптимизации решений [1].

Созданные в 80-90-е годы XX века пакеты прикладных программ на первых этапах автоматизировали отдельные разделы проектирования гидротехнических сооружений, главным образом расчетного характера. Программы позволили значительно ускорить решение задач установившейся фильтрации через грунтовые сооружения, напорной фильтрации под сооружениями, тепловлагоперенос в теле земляной плотины, напряженно-деформационное состояние массивных гидротехнических сооружений и упругие деформации конструкций, устойчивость откосов плотин из грунтовых материалов, расчет объемов земляных работ и др. Появилась возможность автоматизировать функционально законченные разделы проектов – создать автоматизированные технологические линии проектирования (АТЛП).

Комплексные водохранилищные гидроузлы представляют собой набор взаимосвязанных элементов (подсистем) – объектов (например, верхний и нижний бьефы, постоянные и временные гидротехнические сооружения и т.д.) и процессов (гидравлический режим при пропуске расходов, взаимодействие сооружений и основания, осадки, фильтрационные процессы). В связи с этим, проектирование гидроузла требует анализа всей системы в целом. Системный подход позволяет лучше понять и определить взаимовлияние частей системы и их динамичное взаимодействие на основе физико-математических представлений. В настоящее время применение системного подхода в проектировании речных ГТС и информационных технологий получило свое развитие в виде САПР [2]. Проектировщик с помощью САПР выполняет инженерные расчеты, выбирает наиболее рациональные проектные решения, компоновку гидроузла, проводит математическое моделирование работы сооружений, оценку влияния на прилегающую территорию и др. При этом проектировщик несет ответственность за принятые решения, а также решает задачи, формализация которых не достигнута в САПР или решение которых более эффективно на основе эвристических способностей человека, чем на основе вычислительных способностей современных компьютерных технологий.

Целью настоящей работы является обсуждение использования инновационных методов проектирования водохранилищных гидроузлов комплексного назначения в учебном процессе.

Исходными данными для курсового проектирования водохранилищного (комплексного) гидроузла являются:

- природные условия района строительства (географическое положение, климат, рельеф, гидрологические характеристики, инженерно-геологические и гидрогеологические условия);
- хозяйственная характеристика (класс сооружения, характеристики ГЭС, расход водозабора, отметки уровней воды и т.д.).

Рассмотрим примеры использования САПР и специализированных пакетов прикладных программ [3-5] в ходе курсового проектирования речных ГТС. Выбор программ определяется наличием лицензионных, учебных или демо-версий.

Анализ топографии района проектирования является основой для выбора створа гидроузла, определения компоновки и очередности строительства, гидрологических характеристик (например, функции $Q = f(\text{УНБ})$), построения поперечного сечения по створу строительства и определения площади живого сечения и т.д.

Для автоматизации основных операций используется цифровая модель рельефа, для создания которой используется известное приложение Autodesk Civil 3D. В результате оцифровки планшета, на основе метода триангуляции каждой i -ой точке пространства планшета присваивается в относительных координатах значение x_i, y_i, z_i . Пример цифровой модели рельефа (3D визуализации) представлен на рисунке 1.

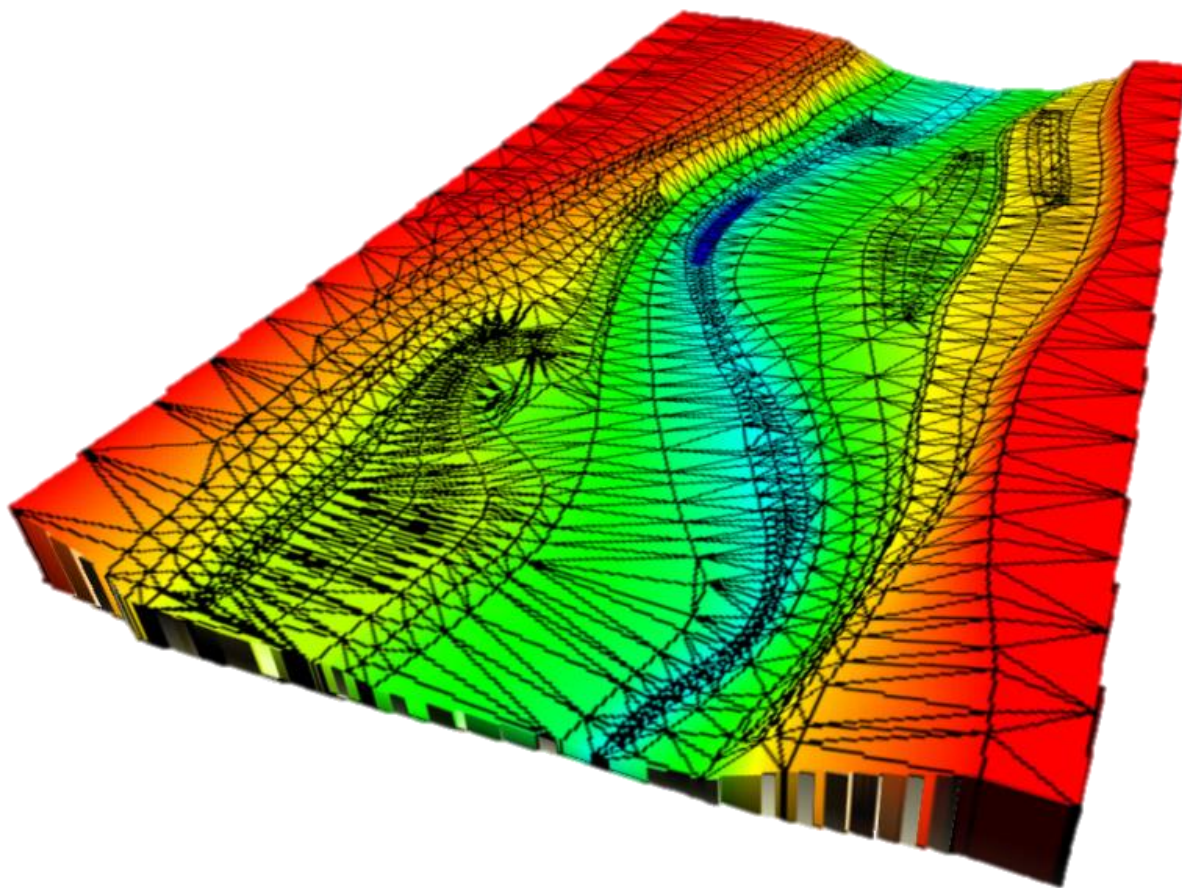


Рис. 1. 3D визуализация цифровой модели рельефа

Поперечное сечение по створу и определение площади живого сечения выполняются с использованием стандартных инструментов Civil 3D (рис. 2).

использование в проектировании гидротехнических сооружений. Общепрофессиональные дисциплины, предшествующие в графике учебного процесса проектированию речных гидроузлов (инженерная графика, геодезия, гидравлика, механика грунтов и др.), также недостаточно используют необходимые в дальнейшем прикладные программы. Также отметим недостаток учебно-методической литературы по комплексному проектированию речных гидроузлов с использованием САПР. Как исключение, можно выделить учебное пособие [1], а также учебное пособие по проектированию объектов возобновляемой энергетики [2]. Отсутствие у все выпускников навыков автоматизированного проектирования гидротехнических сооружений влияет на их возможности трудоустройства и адаптацию в проектных организациях.

Рассмотрим примеры использования САПР и специализированных пакетов прикладных программ в ходе курсового проектирования речных ГТС.

Проектирование грунтовой плотины и подсчет объемов земляных работ. Этап проектирования земляной плотины начинается с конструирования ее поперечного профиля: назначения коэффициентов заложения откосов, определение отметки гребня и его ширины, при необходимости, устройство бERM. Определив исходные данные для конструирования поперечного профиля, в среде Civil 3D может быть автоматически создана трехмерная модель грунтовой плотины. Это позволяет построить поперечный профиль в любом интересующем нас сечении, а также определить объем срезки растительного слоя, объемы земляных работ, как по всей плотине, так и по этапам строительства. Изометрическая визуализация грунтовой плотины представлена на рис. 1.

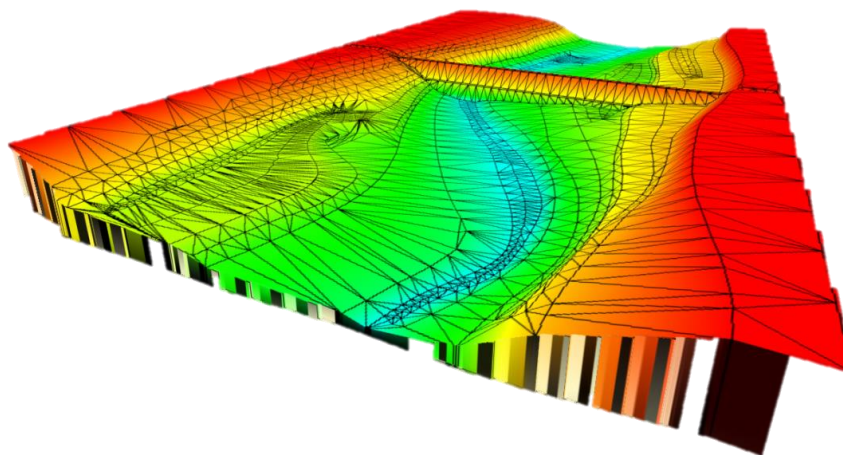


Рис. 1. Изометрическое изображение грунтовой плотины

Трехмерная модель, а также, полученные на ее основе сечения или разрезы могут быть переданы (экспортированы) в специализированные расчетные программы.

Фильтрационные расчеты выполняют для определения фильтрационной прочности тела плотины, ее основания и берегов; обоснования форм, размеров и конструкций плотины, ее противофильтрационных и дренажных устройств. Определяют положение кривой депрессии, фильтрационный расход, градиенты напора. Для фильтрационных расчетов в курсовом проектировании может быть использована программа SEEP 2D, включенная в ряд пакетов прикладных программ [3]. Пользователю необходимо задать:

- свойства материалов (коэффициенты фильтрации) тела плотины, основания, противофильтрационных и дренажных устройств;
- граничные условия: непроницаемую границу – водоупор, расчетные напоры в верхнем и нижнем бьефе, проницаемую границу – возможный участок высачивания на низовом откосе.

Результатом расчетов являются: кривая депрессии, гидродинамическая сетка, фильтрационный расход, изолинии равных давлений, линии токов. Пример результата фильтрационного расчета грунтовой плотины с противофильтрационным элементом (ядром) в программе SEEP 2D представлен на рис. 2.

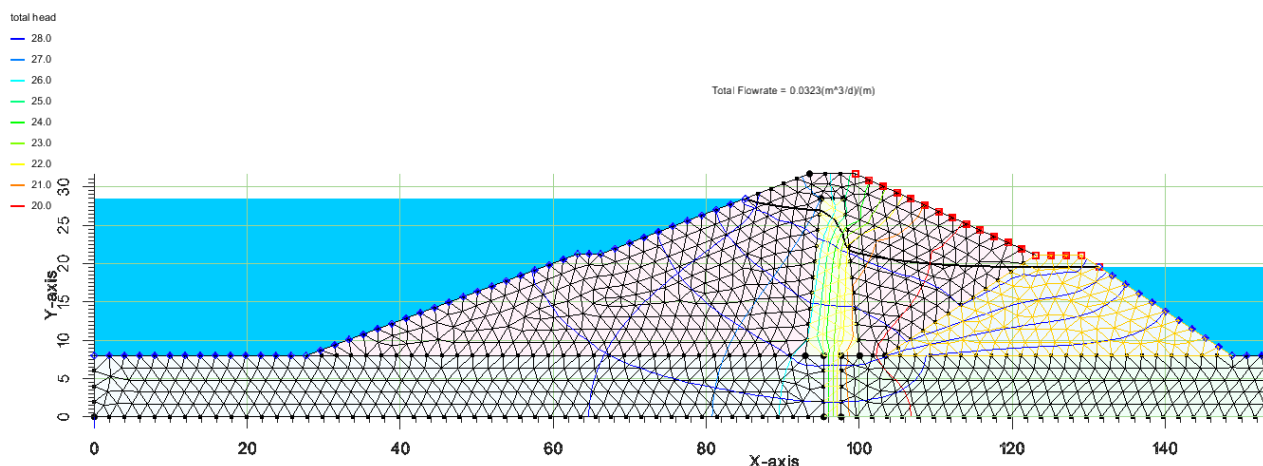


Рис. 2. Результат фильтрационного расчета в программе SEEP 2D. Гидродинамическая сетка

Статические расчеты плотины включают проверку устойчивости откосов, а при использовании в качестве противофильтрационного элемента экрана, проверяют устойчивость экрана и его защитного слоя. Поперечное сечение плотины с кривой депрессии, полученные на предыдущих этапах проектирования, экспортируется в пакет Bentley GEOPAK [4].

При проверке устойчивости могут быть рассмотрены необходимые расчетные случаи, в зависимости от уровней в верхнем и нижнем бьефах.

Программа позволяет проводить расчет как для круглоцилиндрических поверхностей сдвига, так и, при наличии в основании или теле плотины ослабленных зон (прослоек грунта с более низкими прочностными свойствами), для произвольных поверхностей сдвига. На рис. 3 представлен результат расчета.

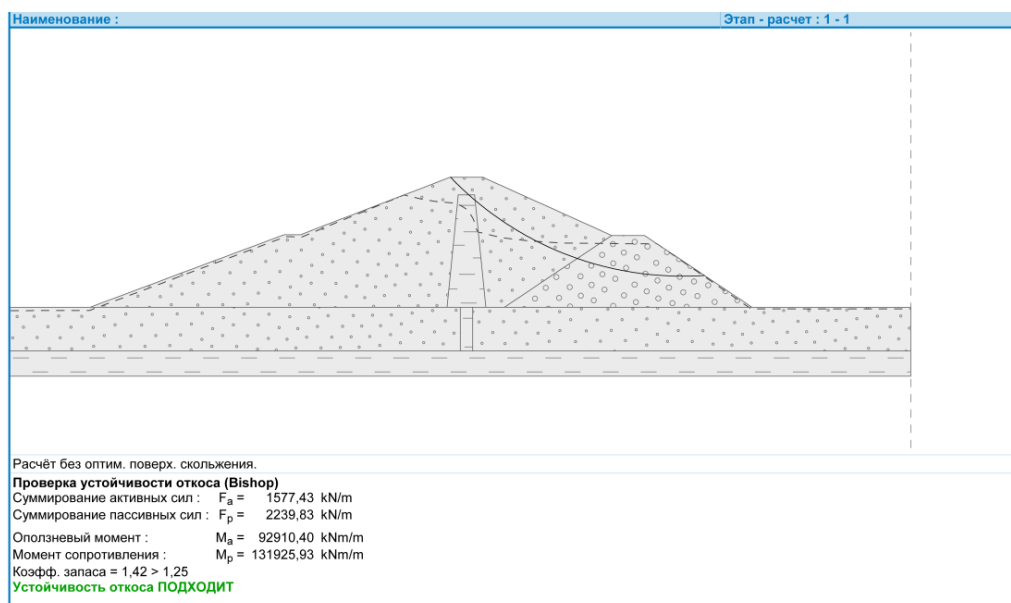


Рис. 3. Результат расчета устойчивости откоса в пакете Bentley GEOPAK

Пользователь задает свойства материалов: вид грунта, угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта, а также метод расчета. В ходе расчета подбирается кривая сдвига с минимальным значением коэффициента устойчивости для соответствующего расчетного случая и сравнивается с заданным коэффициентом надежности.

Опыт использования элементов САПР и пакетов прикладных программ в курсовом проектировании речных ГТС (комплексный низконапорный гидроузел) показал эффективность их использования, наряду с традиционными методами расчета.

Системы автоматизированного проектирования гидротехнических сооружений представляют собой компьютерные системы, которые оснащены программными и техническими средствами инженерных расчетов и машинной графики. В ходе курсового проектирования рекомендуется полнее использовать существующие возможности САПР.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Курсовое и дипломное проектирование по гидротехническим сооружениям / Под ред. В.С.Лапшенкова. М.:Агропромиздат, 1989.448с.
2. Васильев Ю.С., Кубышкин Л.И., Кудряшева И.Г. Компьютерные технологии в научных исследованиях и проектировании объектов возобновляемой энергетики. Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 262с.
3. SEEP2D PRIMER [Электронный ресурс]. <http://gmsdocs.aquaveo.com/s2dprimr.pdf>
4. Power GEOPAK [Электронный ресурс]. <https://www.bentley.com/~/asset/14/1693.ashx>

УДК 627.8.066

К.В.Зотов, Д.К.Зотов, В.А.Клушенцев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВОГО РЕЖИМА ДЛЯ ВЫБОРА ОТМЕТКИ ГРЕБНЯ ДАМБЫ ОБВАЛОВАНИЯ

В восточной части Финского залива идет активная переработка береговой линии, вследствие природных и техногенных процессов. Размываются песчаные пляжи, образуются оползни, в период наводнений затопливается территория. Эти явления угрожают рекреационным ресурсам, гидротехническим сооружениям, дорогам, растительному и животному миру, а также историко-культурному наследию [1]. На северных берегах восточной части Финского залива разрушено около 70% общей протяженности берегов. В последнее время деградация берегов резко усилилась. В частности, это может быть связано с периодическими или глобальными изменениями климата [2].

Одним из методов защиты территорий от затопления является устройство дамб обвалования, ограждающих эту территорию на всем протяжении пониженных отметок ее естественной поверхности. Общая схема обвалования территорий выбирается на основании технико-экономических проработок возможных вариантов с учетом естественных условий местности и важности рассматриваемого объекта в хозяйственном и культурном отношениях [3].

В работе рассматривается устройство защитных сооружений береговой линии Курортного района Санкт-Петербурга (восточная часть Финского залива).

Важной характеристикой дамбы, обеспечивающей надёжность сооружения и защиту территории, является выбор отметки гребня дамбы. В соответствии с [4] отметку гребня дамбы следует назначать на основе расчета превышения его над расчетным уровнем воды. Превышение гребня дамбы определяют для двух случаев стояния уровня воды в верхнем бьефе: при нормальном подпорном уровне (НПУ) или при более высоком уровне, соответствующем пропуску максимального паводка, входящего в основное сочетание нагрузок и воздействий; при форсированном подпорном уровне (ФПУ), или другом уровне,

относимо к особым сочетаниям нагрузок и воздействий. Превышение гребня дамбы h_s в обоих случаях определяется по формуле:

$$h_s = \nabla h_{set} + h_{run1\%} + a, \quad (1)$$

Где ∇h_{set} – ветровой нагон воды в верхнем бьефе; $h_{run1\%}$ – высота наката ветровых волн обеспеченностью 1%; a – запас превышения гребня дамбы; запас a определяют как большую из величин 0,5 м и $0,1h_{1\%}$ ($h_{1\%}$ – высота волны 1% вероятности превышения). Из двух полученных результатов расчета следует выбирать более высокую отметку гребня.

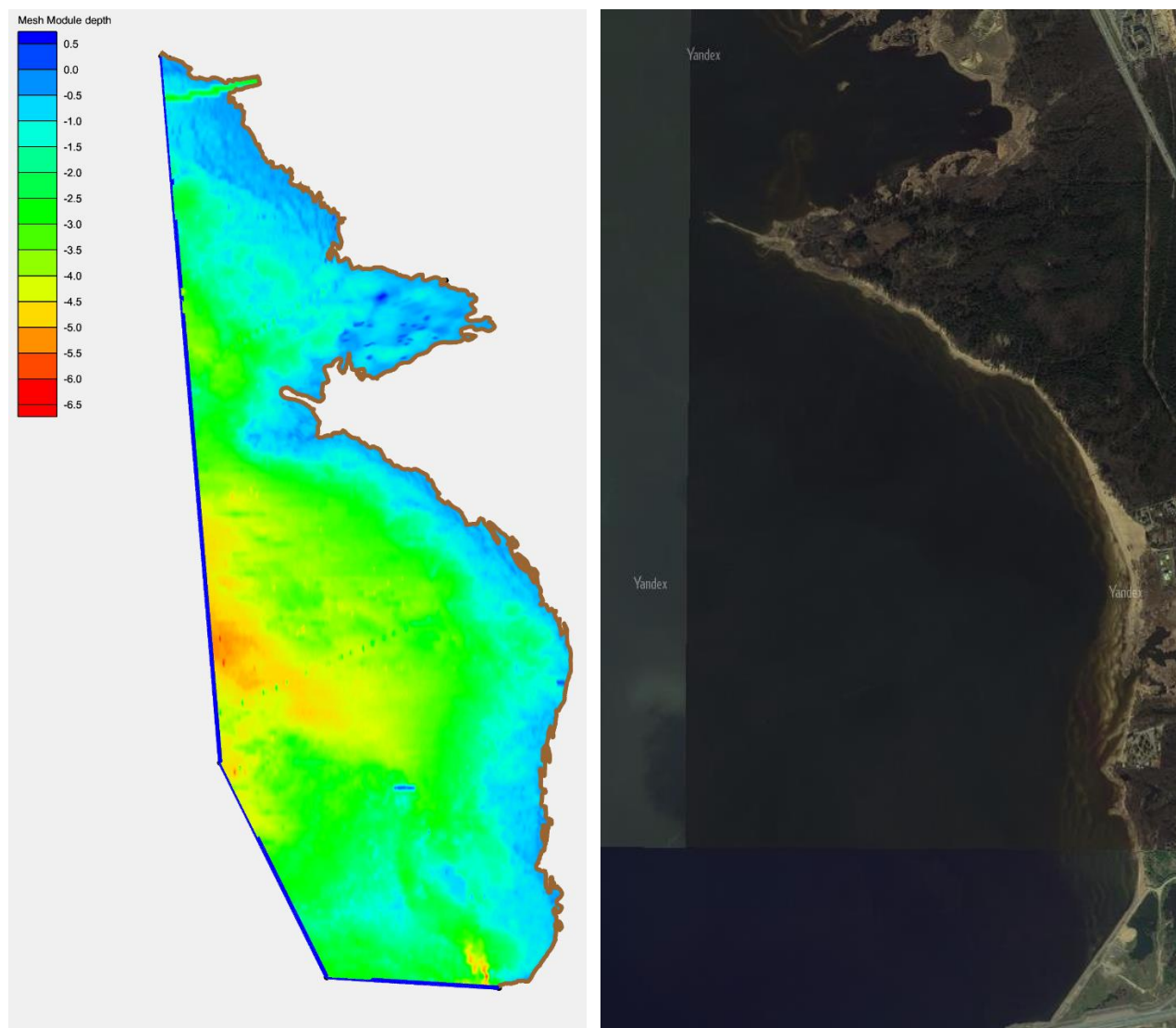


Рис. 1. Область моделирования:
 а – цифровая модель рельефа дна, полученная в среде Delft 3D;
 б – космический снимок

Характеристики волн на открытых акваториях (моря, крупные озера и водохранилища) зависят от скорости и направления ветра, разгона – протяженности свободной поверхности акватории, батиметрии (глубины и рельефа дна), а высота наката волн на откос определяется с учетом шероховатости откоса, фильтрационных свойств материала, образующего откос, глубины воды перед сооружением и формы откоса, а также угла подхода фронта волны к линии уреза воды на откосе [5].

Рекомендуемые в [5] аналитические методы определения высоты наката волны трудоемки и не имеют физического обоснования. Они имеют эмпирическую природу и применимы для определенных упрощенных схем. Получение данных натурных наблюдений трудоемко и дорого, а зачастую отсутствуют объекты-аналоги, вследствие уникальности проектируемых сооружений.

Задача расчетов при проектировании дамб обвалования и берегоукрепительных сооружений усложняется нередко сильной изрезанностью береговой линии и неоднородной батиметрией. На рис. 1 представлены цифровая модель рельефа дна и космический снимок участка берега и прибрежной акватории в районе г. Сестрорецк. В настоящее время в проектировании гидротехнических сооружений активно используются системы автоматизированного проектирования (САПР). Развитие математических методов расчетов и информационных технологий за последние десятилетия позволили повысить скорость и качество проектирования вследствие его комплексной автоматизации.

Для расчета волнового режима была применена программа Delft 3D [6]. В качестве исходных данных используются метеорологическая информация, уровень воды в Финском заливе и батиметрия. Математическое моделирование позволяет рассмотреть большое количество вариантов конструкции берегозащитных сооружений при различных сочетаниях исходных данных. Полученные результаты могут быть экспортированы в различные программы, используемые в проектировании.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Преображенский Л.Ю. Особенности гидрологического режима вершины Финского залива: Учеб. Пособие. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2007. 123 с.
2. Усольцева М.С., Зотов К.В. Инженерная защита прибрежных рекреационных территорий восточной части Финского залива. Неделя науки СПбПУ. Материалы научного форума с международным участием. Институт энергетики и транспортных систем. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та 2015, с. 339-341.
3. Арефьев Н.В., Беллендир Е.Н., Иванов Т.С. Оптимизация инженерной защиты земель при создании водохранилищ с помощью дамб обвалования. Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2011. Т. 261. С. 99-103.
4. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов. М.: Минрегион России, 2012.
5. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).
6. Delft 3D-WAVE_User_Manual. [Электронный ресурс] <https://oss.deltares.nl/web/delft3d/manuals/>

УДК 691.327.33

А.В.Красова, Я.И.Носова, Л.И.Чумадова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯЧЕЙСТЫХ БЕТОНОВ В КАЧЕСТВЕ СТЕНОВОГО МАТЕРИАЛА

В последние года в России были введены в эксплуатацию рекордные объемы жилья, превысившие наилучший показатель 1987 года. Особенно стремительно набирает обороты строительство жилья эконом-класса и социального жилья. На этом фоне чрезвычайно актуальным становится вопрос качественных и относительно недорогих строительных материалов, в том числе и в области стеновых конструкций [1]. Увеличению спроса способствует и повышение за последние годы требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [9], что вызвало необходимость использования эффективных стеновых материалов. При этом использование однослойных стен из кирпича, дерева, керамзитобетона и других легких бетонов на пористых заполнителях уже не обеспечивает

требуемых показателей и экономически не оправданно. Одним из материалов, позволяющих делать однослойные и долговечные стены, является ячеистый бетон.

Целью данной работы является анализ эффективности применения ячеистых бетонов в качестве стенового материала, выявление его достоинств и недостатков в сравнении с другими материалами.

Ещё недавно дерево и кирпич были основными материалами в домостроении, однако в последнее время набирают популярность материалы, изготовленные из ячеистого бетона. В следствие этого возникла необходимость в сравнении преимуществ и недостатков этих материалов, которое было проведено в данной работе.

Одним из самых популярных на рынке материалов считается кирпич. В строительстве домов используют силикатный и керамический кирпич. Свойства силикатного и керамического кирпича примерно одинаковы. Главные преимущества кирпича – это прочность, пожаростойкость, широкий выбор на рынке и приемлемая цена. Строительство небольшого кирпичного дома в ряде случаев может обойтись дешевле, нежели, к примеру, деревянного коттеджа. Но делать стены только из кирпича нельзя, потому что изменились требования по теплопроводности к стенам. Следует делать либо многослойные стены с заменой части кирпича пенопластами или волокнистыми теплоизоляционными материалами, которые часто бывают недолговечны. Кроме того, это тяжелый материал, что осложняет его логистику и хранение, а значительный вес готового здания потребует больших затрат на фундамент. К тому же на возведение дома из кирпича потребуется больше времени, нежели при использовании других материалов.

В России с давних пор люди жили в теремах и избах. Особенности климата и богатые леса были одними из причин распространения домов из дерева. Дерево считается самым экологичным строительным материалом, кроме того имеет хорошую морозостойкость, высокую скорость возведения, высокую прочность, незначительную среднюю плотность. Однако следует помнить о том, что деревянные дома зачастую дают усадку. Строительство из древесины имеет свою специфику и требует особых знаний, поэтому должно проходить под строгим контролем профессионалов. Кроме того, большими недостатками являются неоднородность строения, горючесть, подверженность гниению, гигроскопичность и изменение размеров при увлажнении и высыхании.

Бетон считается отличным материалом для проектирования и строительства высотных зданий. Однако и при возведении небольших коттеджей часто используется этот материал, вернее его разновидность – ячеистый бетон. Как правило, строители выбирают из двух основных классов ячеистых блоков – пенобетона и газобетона.

Ячеистые бетоны имеют ряд характеристик, отличающих их от многих традиционных строительных материалов [2-13]. Изделия из них наилучшим образом адаптированы к сложному климату и экономическим условиям и имеют ряд важных достоинств: невысокую плотность, низкую теплопроводность, пониженное водопоглощение, стойкость при пожаре, высокие санитарно-гигиенические свойства, высокую паропроницаемость, низкую радиоактивность (I класс), экологичность, скорость строительства, минимизацию трудовых затрат и привлечения количества строителей, малую механизацию, что ведет к снижению финансовых и кредитных рисков. Из-за того, что ячеистый бетон гораздо легче кирпича, уменьшаются затраты на фундамент и строительно-монтажные работы. Он не требует добавочного утепления. Благодаря специальным клеевым составам происходит экономия на кладочном шве. Важна экономия не только строительства, но и эксплуатации [13]. Особенность блоков в том, что при минимальном их количестве можно достигать требуемых показателей энергоэффективности (нет необходимости возведения стен метровой толщины). Морозостойкость – 100 циклов. Стена толщиной 40 см уже не требует дополнительного утепления. Геометрические размеры блоков обладают высокой точностью. Отклонения

составляют менее 2 мм. Поэтому кладочный шов обладает минимальной толщиной, что повышает теплоизоляцию стен и уменьшает расход раствора при укладке

Ячеистый бетон прошел проверку временем в сложных природно-климатических условиях. Жилые дома со стенами (наружными и внутренними) из автоклавного газобетона стоят в Санкт-Петербурге с 1960 г. без разрушения материала, несмотря на сложные климатические условия (число переходов температуры через 0°C в Прибалтике максимально) [9].

Основная плотность выпускаемого ячеистого бетона 300–750 кг/м³, у кладки из обыкновенного кирпича 1400–1700 кг/м³, а у древесины 500–700 кг/м³. Вследствии небольшой плотности стеновой блок PORITEP имеет сравнительно небольшой вес – около 30 кг, и это дает ряд преимуществ: снижение нагрузки на основание и на фундамент, облегчение строительных работ.

Важной характеристикой является коэффициент теплопроводности. Чем ниже показатель теплопроводности, тем лучше, т.е. тем меньше тепла пропустит материал. Коэффициент теплопроводности ячеистых бетонов 0,09–0,22 Вт/(м·К), в то время как у кладки из обыкновенного кирпича 0,384–0,698–0,814 Вт/(м·К) (растет с ростом плотности), а у древесины из сосны или ели 0,1–0,18 Вт/(м·К). Следовательно, по этому показателю ячеистые бетоны совпадают с древесиной. Коэффициент теплопроводности меньше, чем у кирпича, значит, из ячеистого бетона можно построить стену меньшей толщины, это очень выгодно с экономической точки зрения.

Прочность изделий из ячеистых бетонов при сжатии 1,5–7,5 МПа, кирпича 5–30 МПа, древесины при сжатии вдоль волокон 40–60 МПа, а поперек волокон ниже в 8 раз. Поэтому лучше для несущих конструкций применять кирпич. Можно использовать пенобетон и газобетон большей плотности с армирующими поясами, но не всегда это экономически оправдано.

У всех рассматриваемых материалов наблюдается высокая морозостойкость.

Блоки ячеистого бетона могут похвастаться высокими показателями огнестойкости. Этот предел устанавливается по времени наступления момента, когда конструкция под воздействием открытого огня утрачивает способность сохранять свою тепло-изолирующую способность, несущую способность или целостность. Газобетон PORITEP относится к категории негорючих материалов. При толщине несущей стены от 200 мм PORITEP выдерживает 6 часов прямого воздействия огня (REI 360) [7].

Предельные значения огнестойкости ячеистых блоков достигают девятисот градусов по Цельсию, когда обычный бетонный состав начинает терять свои основные части прочности при значении от четырехсот до семисот градусов. Таким образом, ячеистый бетон наиболее популярен при возведении зданий и сооружений, где требуются повышенные показатели пожаробезопасности [11].

В работе сопоставлены характеристики таких стеновых материалов, как дерево, кирпич и ячеистый бетон.

Рассмотрев преимущества и недостатки популярных стеновых материалов, можно сделать вывод об эффективности и экономичности строительства из ячеистого бетона. Небольшая плотность существенно удешевляет строительство таких сооружений, кроме того, материал выигрывает у древесины и кирпича по показателям теплопроводности и водопоглощения, не уступает по морозостойкости и экологичности, проявляет значительную огнестойкость и паропроницаемость. Прочность ячеистых бетонов значительно меньше, чем у дерева и кирпича, поэтому данный материал рационально применять в конструкциях с небольшой нагрузкой, малоэтажном строении и не несущих стенах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бойков А.А. Ватин Н.И. Правовое регулирование вопросов использования в строительстве новых материалов, изделий, конструкций и технологий: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. 39 с.

2. Вишневский А.А. Анализ рынка автоклавного газобетона России. /Вишневский А.А., Гринфельд Г.И., Куликова Н.О. // Строительные материалы: научно-технический и производственный журнал. 2013. № 7. с. 40-44
3. Вишневский А.А. Итоги работы предприятий по производству автоклавного ячеистого бетона в 2013 г./ Вишневский А.А., Гринфельд Г.И., Смирнова А.С. // Технологии бетонов. 2014. № 4 с. 44-47.
4. Вишневский А.А. Производство автоклавного газобетона в России/ Гринфельд Г.И., Смирнова А.С.// Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2015. № 5. с. 10-12.
5. Вылегжанин В.П. Газобетон в жилищном строительстве, перспективы его производства и применения в Российской Федерации/ В.П. Вылегжанин, В.А. Пинскер // Строительные материалы: научно-технический и производственный журнал. 2009. № 1. с. 4-8
6. Домбровский А.В. Производство ячеистых бетонов. Обзорная информация. ВНИИЭСМ. Выпуск 2, 1983. с. 76.
7. Инновации от PORITEP// Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 2. с. 32-33.
8. Коровкевич В.В., Пинскер В.А и др. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации. – Ленинград: ЛенЗНИИЭП, 1989. 284 с.
9. Песцов В.И. Эффективность применения ячеистых бетонов в строительстве России/ Песцов В.И., Оцоков К.А., Вылегжанин В.П., Пинскер В.А.//Строительные материалы: научно-технический и производственный журнал. 2004. № 3. с. 7-8.
10. Сажнев Н.П. Производство, свойства и применение ячеистого бетона автоклавного твердения/ Сажнев Н.П., Шелег Н.К., Сажнев Н.Н.// Строительные материалы: научно-технический и производственный журнал. 2004. № 3.с. 2-6.
11. Стойкость бетона при пожаре [Электронный ресурс] / Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://kladembeton.ru/poleznoe/beton-pri-pozhare.html> , свободный.
12. Юмашева Е.И. Ячеистые бетоны в современном строительстве.V Международная научно-практическая конференция.// Строительные материалы: научно-технический и производственный журнал. 2008. № 11. с. 73-75.
13. PORITEP: эффективное решение жилищного вопроса // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2015. № 4. с. 12-13.

УДК 528.3

С.В.Фролов¹, О.С.Царёва², И.И.Дмитриев²

¹Институт холода и биотехнологий;

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НОВЫЕ ФОРМУЛЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ПАМЯТНИКОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Сохранению памятников культурного наследия (далее – памятники) [1] необходимо уделять особое внимание, так как они представляют собой особую значимость в культурной и духовной жизни нашей страны. В особенности необходимо осуществлять контроль за их текущим состоянием в моменты реставрации или строительства вблизи памятников новых зданий и сооружений. Одним из способов контроля является геодезический. Ранее была предложена методика оценки деформаций памятников культурного наследия по расстояниям и их изменениям между деформационными марками, координаты которых определяют тахеометром в свободной сети без закрепления точек стояния прибора в различной локальной системе координат для каждого цикла. При использовании такой методики возникает вопрос вычисления основных видов деформаций, таких как крен, прогиб, неравномерная осадка и др. [2] поскольку в данных формулах участвуют координаты марок, полученные в разных системах координат.

Цели и задачи исследования состояли в выведении новых формул вычисления основных видов деформаций [3] через расстояния и их изменения.

1. Исследование неравномерной осадки

Рассмотрим марки 1-3-5-7, расположенные по углам фундамента модели (рис. 1). Через некоторое время фундамент получил неравномерную осадку и марки 1, 5 стали марками 1', 5'. Предположим, что марки 3 и 7 не изменили своего положения.

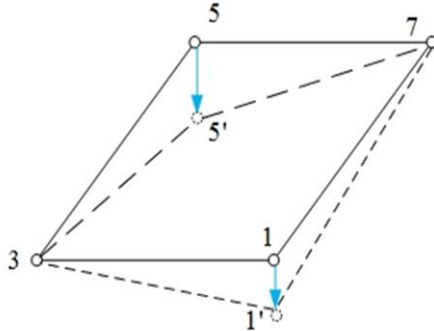


Рис. 1. Моделирование неравномерной осадки фундамента

Рассмотрим треугольник 1-1'-7, из которого по теореме Пифагора выразим осадку марки 1 ΔZ_1 (формулы 1, 2):

$$\Delta Z_1^2 = L_{17}^2 + L_{1'7}^2; \quad (1)$$

$$\Delta Z_1 = \sqrt{L_{17}^2 + L_{1'7}^2}. \quad (2)$$

Рассмотрим треугольник 3-5-5'. По теореме Пифагора выразим осадку марки 5 ΔZ_5 (формулы 3, 4):

$$\Delta Z_5^2 = L_{35}^2 + L_{35'}^2; \quad (3)$$

$$\Delta Z_5 = \sqrt{L_{35}^2 + L_{35'}^2}. \quad (4)$$

Согласно [4], относительная неравномерная осадка $\Delta S/L$ вычисляется как разность вертикальных

перемещений, отнесённых к расстоянию между ними. Тогда, для фундамента модели, неравномерную осадку вычисляем по следующей формуле (5):

$$\Delta S/L = \Delta Z_5 - \Delta Z_1 / L_{15} = \sqrt{L_{35}^2 + L_{35'}^2} - \sqrt{L_{17}^2 + L_{1'7}^2} / L_{15}. \quad (5)$$

Далее полученное значение сравнивают с допуском, устанавливаемым в [5].

2. Исследование деформации прогиба

Выведем формулу вычисления прогиба через расстояния между марками (рис. 2,а).

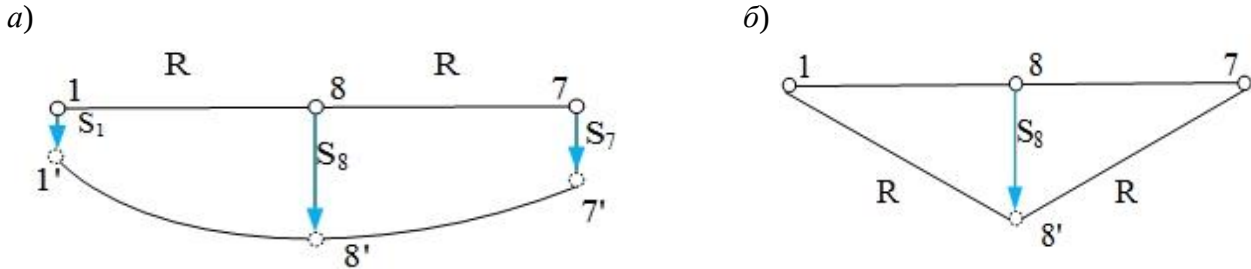


Рис. 2. Прогиб стороны 1-8-7 (а), упрощение задачи прогиба (б)

Пусть $L_{18} = L_{78} = R$ и $L_{17} = 2R$.

Для упрощения задачи будем считать, что изменилось только расстояние L_{17} (уменьшилось) и стало L'_{17} , а расстояния L_{18} и L_{78} не изменились (рис. 2,б). Иными словами, $L_{18} = L_{18'} = R$ и $L_{78} = L_{78'} = R$:

Рассмотрим треугольники 1-8-8' и 7-8-8' и выразим расстояние L'_{17} (формулы (6), (7)):

$$L_{17}^2 = 4(R^2 - S_8^2); \quad (6)$$

$$L'_{17} = 2\sqrt{R^2 - S_8^2}. \quad (7)$$

Применим разложение в ряд Тейлора (формула (8)):

$$L'_{17} = 2R\sqrt{1 - \left(\frac{S_8}{R}\right)^2} \approx 2R\left(1 - \frac{S_8^2}{2R^2}\right) \quad (S_8 \ll R); \quad (8)$$

$$\frac{S_8^2}{R} = 2R - L'_{17} = L_{18} + L_{78} - L'_{17}. \quad (9)$$

Тогда прогиб выражаем формулой (10):

$$\frac{f}{L} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L_{18} + L_{78} - L'_{17}}{L_{18}}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L_{17} - L'_{17}}{0,5L_{17}}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\Delta L_{17}}{0,5L_{17}}}. \quad (10)$$

После вычисления прогиба полученное значение сравнивают с допуском, устанавливаемым в [5].

Получены новые формулы вычисления таких деформаций, как неравномерная осадка и прогиб через расстояния, и их изменения между деформационными марками.

Решена задача независимости от используемой системы координат при наблюдениях за деформациями памятников культурного наследия, что позволяет сравнивать результаты измерений, полученные с интервалом в несколько десятков лет.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: Федеральный закон от 25 июня 2002 г., № 73-ФЗ (с изменениями на 8 марта 2015 года) // Ведомости Федерального Собрания Российской Федерации. 2015.
2. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Загрядская Н.Н. Инженерная геодезия. Наблюдение за техническим состоянием и деформациями при строительстве и эксплуатации сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
3. ГОСТ 24846–2012 Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений. М.: Стандартинформ, 2012. 22 с.
4. Николаев, С.А. Статистические исследования осадок инженерных сооружений / С.А. Николаев. М.: Недра, 1983. 112 с.
5. Свод правил по проектированию и строительству: СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. М.: ОАО «НИЦ «Строительство» (НИИОСП им. Н.М. Герсевича), 2011. 162 с.

УДК 528.3

О.С.Царёва, И.И.Дмитриев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НОВАЯ МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ПАМЯТНИКОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Практически все памятники истории, архитектуры, градостроительства и монументального искусства подвергаются комбинированным воздействиям естественных и антропогенных факторов. Памятники культурного наследия (далее – памятники) – это уникальные здания и сооружения. Зачастую неизвестны особенности их конструкций и свойства материалов, из которых они сделаны, что предполагает индивидуальный подход к оценке распределения и накопления в них деформаций. В связи с этим необходимо создание системы геодезического контроля изменения во времени деформационного процесса, что даст количественную информацию о состоянии объекта и обеспечит возможность заблаговременного применения мер по обеспечению его сохранности.

Цели и задачи исследования состояли в разработке новой методики наблюдений за деформациями памятников культурного наследия и ее сравнение с существующими методиками.

В настоящее время существуют различные методы оценки деформаций, достоинства и недостатки которых описаны в [1, 2]. Нами был сделан выбор в пользу использования роботизированного электронного тахеометра (далее – тахеометр), так как именно этот прибор позволяет наиболее точно оценить деформацию здания или сооружения. Способом определения координат с помощью тахеометра является пространственная полярная засечка (рис. 1).

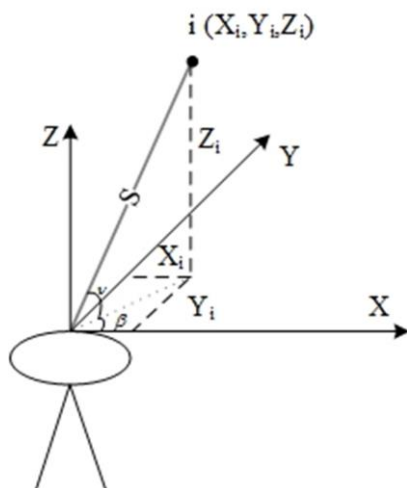


Рис. 1. Полярный метод определения координат

Прибором измеряются: горизонтальный угол β , вертикальный угол ν и наклонное расстояние S до отражателя (CCR-рефлектора), установленного на марке i .

Формулы определения средней квадратической ошибки (далее – СКО) определения координат m_x, m_y, m_z марки i приведены в [3].

При строгом подходе СКО определения координат m_x, m_y, m_z одной марки будут различны между собой, и, безусловно, отличаться от СКО других марок. Но, используя приближенный подход, мы будем считать, что СКО определения координат одной марки равны между собой: $m_x = m_y = m_z$ и постоянны для всех марок, расположенных на здании. Используя принцип равного влияния линейных и угловых погрешностей, запишем следующее:

$$m_x^2 = m_y^2 = m_z^2 = 3; S^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} = 3; S^2 \frac{m_\nu^2}{\rho^2}, \text{ где } m_\beta = m_\nu - \text{точность}$$

измерения горизонтального и вертикального углов. Возьмем для примера тахеометр Leica TDRA 6000, для которого точность измерения расстояния $m_s = 0,25$ мм (погрешность вдоль визирного луча) и угла $m_\nu = m_\beta = 0,5''$ (погрешность поперек визирного луча). На практике такая точность трудно достижима. Точность измерения углов m_β зависит от опыта наблюдателя, качества визирных целей их освещенности, стабильности положения и многих других нюансов. Поэтому в реальных условиях m_β не меньше $1''$ поэтому и точность снизится до $0,2\text{--}0,3$ мм на расстоянии 50 м. Тогда СКО определения координат марок m_x, m_y, m_z составят $0,5$ мм.

Существующие методики наблюдений за деформациями подразумевают использование опорных пунктов (например, ходы полигонометрии и нивелирования). По ряду причин (уплотненная застройка, удаленность памятника культурного наследия от опорных пунктов), не всегда бывает возможность использовать опорные пункты, чтобы привязаться к той или иной системе координат. Недостатком использования опорных реперов является необходимость выполнять оценку стабильности реперов в каждом цикле. Кроме того, при передаче координат от опорных пунктов на наблюдаемые происходит потеря точности измерений. В настоящее время практикуют наблюдения в свободной сети. Также при наблюдениях за деформациями памятников с использованием тахеометра по ряду причин (в частности, строительные леса) закрепить точки стояния прибора не представляется возможным, как и обеспечить постоянство схемы наблюдений, поэтому наблюдения выполняют по методу «свободных станций».

Приведем методику наблюдений с использованием тахеометра. Известным методом является метод электронно-блочной тахеометрии [4], сущность которого заключается в том,

что связь между точками стояния тахеометра осуществляется посредством наблюдения трех смежных точек.

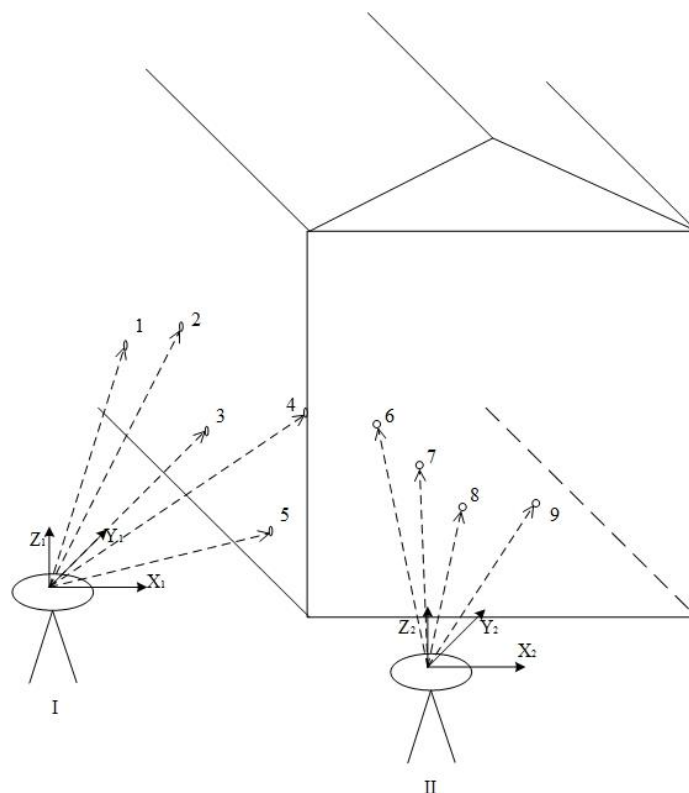


Рис. 2. Методика наблюдений за деформациями с использованием тахеометра:
I, II точки стояния тахеометра;
1-9 – деформационные марки, расположенные на здании

Но строительные леса или другие причины не позволяют обеспечить три общие (связующие) марки для двух точек стояния прибора. Т.е. между точками стояния тахеометра отсутствуют связующие марки. Тогда предлагается поступить следующим образом: при обработке наблюдений использовать только те марки, которые получены с одной точки стояния прибора. Выполняя наблюдения по методу свободных станций без использования опорных пунктов координаты марок в каждом цикле получаются в разных системах координат. Однако довольно сложно и порой невозможно сравнить новые и старые результаты измерений.

Поэтому возникает необходимость разработки метода оценки деформаций, в котором была бы возможность получать все интересующие виды деформаций по инвариантным параметрам, т.е. параметрам, не зависящим от применяемой системы координат, используемым при наблюдениях. Такими инвариантами могут служить расстояния между деформационными марками. Например, в работах [5, 6] по изменениям расстояний определяют горизонтальные и вертикальные смещения. Но для оценки деформаций в пространстве данный метод не нашел применения в литературе.

К недостаткам метода по изменению расстояний относятся следующие:

- в случае наблюдений без использования опорных пунктов не отслеживаются абсолютные смещения, а также крен;
- при определении координат с разных точек стояния тахеометра нельзя получить расстояния и их изменения между всеми марками. В частности, нельзя вычислить расстояние 5-6, так как координаты марок 5 и 6 получены с разных точек стояния (рис. 2).

Тогда появляется задача рационального размещения марок для оптимального получения всех интересующих видов деформаций. В частности, марки можно располагать не только по рекомендациям нормативных документов, но и по результатам построения модели напряженно-деформированного состояния здания с основанием, что более подробно рассмотрено в статьях [7, 8] на примере Морского Никольского Собора в г. Кронштадте.

В работе рассмотрен новый модельный подход рассмотрения по элементам, что обеспечивает сравнение результатов наблюдений с требуемой точностью. Приведенная выше методика с успехом была реализована на примере следующих памятников культурного наследия: Морской Никольский Собор в г. Кронштадте и WestPark г. Бохум [8].

Наблюдения за деформациями памятников культурного наследия следует выполнять с использованием роботизированных электронных тахеометров, без использования опорных пунктов по методу «свободных станций» а оценку наблюдений выполнять по изменениям расстояний между деформационными марками, полученными с одной точки стояния тахеометра.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Загрядская Н.Н. Инженерная геодезия. Наблюдение за техническим состоянием и деформациями при строительстве и эксплуатации сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
2. Степанова О.С. Анализ способов геодезических наблюдений за деформациями применительно к объектам культурного наследия // Горный информационно-аналитический бюллетень Москва. 2014. №4. С. 418-422.
3. Верхотуров В.И. Контроль сохранности положения элементов спутниковых антенных систем в период их наземной эксплуатации / В.И. Верхотуров, А.П. Лашутин, В.В. Петров, А.М. Шарапов // 28 антенная конференция Европейского космического агентства. 2005. Нордвик. С. 1-8.
4. Пимшина Т.М. Электронно-блочная тахеометрия, средства измерений и технологии // Прикладная геодезия: Сборник научных трудов. Ростов н/Д: Рост. гос. строй. ун-т, 1997, с. 23-32.
5. Карлсон А.А. Натурные наблюдения за деформациями гидротехнических сооружений геодезическими методами / А.А. Карлсон, П.Б. Гробов, И.В. Морозов. М.: Эдитус, 2012. 307 с.
6. Рекомендации по проведению натурных наблюдений за осадками грунтовых плотин. П 87-2001 / ОАО «ВНИИГ». СПб, 2001. 95 с.
7. Степанова, О.С. Методика геодезических наблюдений за деформациями Морского Никольского собора в Кронштадте / О.С. Степанова, Г.В. Макаров // Записки Горного Института. СПб. 2013. Т. 204. С. 52-57.
8. Stepanova O.S. Rationale for the method development of geodetic control of cultural heritage object deformation / O.S. Stepanova // Scientific Reports on Resource Issues. vol. 1. 2013. p. 293-297.
9. Степанова О.С. Организация геодезических наблюдений за деформациями памятников культурного наследия (на примере Westpark г. Бохум) / О.С. Степанова, W. Stelling // Сборник материалов научного семинара стипендиатов программ «Михаил Ломоносов III» и «Иммануил Кант III» 2013/2014 года. Москва. 2014. С. 75-78.

УДК 528.3

О.С.Царёва, И.И.Дмитриев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПАМЯТНИКОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Существующие методы оценки деформаций (нивелирование, створные наблюдения, полигонометрия, лазерное сканирование, стереофотограмметрическая съёмка) требуют постоянства используемой системы координат от цикла к циклу [1]. При наблюдениях за

деформациями памятников культурного наследия (далее – памятники) наблюдения могут выполняться с перерывами в несколько лет. При этом контроль может выполняться по деформационным маркам, которые уже были закреплены более десяти лет назад и сохранились по сей день. По ряду нескольких причин (уплотненная застройка, удаленность памятника культурного наследия от опорных пунктов), не всегда бывает возможность использовать опорные пункты, чтобы привязаться к той или иной системе координат. Поэтому наблюдения выполняют в локальной системе координат. В статье [2] показано, что наиболее рациональным при наблюдениях за деформациями памятника является использование электронного тахеометра. Таким образом, в каждом цикле наблюдений получают координаты в различных локальных системах координат, а результаты наблюдений сравнивают с использованием инвариантных параметров, например, расстояний и их изменений между деформационными марками.

Цель и задачи. Выполнить выявление и оценку деформаций по расстояниям и их изменениям между деформационными марками. Рассмотрим оценку деформаций памятников культурного наследия по изменениям расстояний между марками модели (рис. 1), координаты X, Y, Z которых получены с одной точки стояния тахеометра. Построим полигональную сетку треугольников по способу Делоне и присвоим номера для каждого треугольника [3]. Сетка треугольников, построенная при первом наблюдении и ее нумерация остаются на весь срок наблюдений.

По результатам первого цикла наблюдений вычисляются расстояния L_{ij} между марками, в треугольниках по формуле:

$$L_{ij} = \sqrt{(X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2 + (Z_j - Z_i)^2}.$$
 Для второго цикла наблюдений вычисляются расстояния L'_{ij} , а затем находится разность расстояний: $\Delta L_{ij} = L'_{ij} - L_{ij}$. Кроме

изменения длин сторон в треугольниках будем рассчитывать изменение направления вектора нормали плоскости треугольника. Получим массив данных, состоящий из длин сторон треугольника и координат векторов нормалей к треугольникам для исходной модели (далее – «идеальная» модель), с которым будем сравнивать модель, искаженную деформациями (далее – «текущая» модель). Выполним исследование деформаций на модели.

Исследование деформации сжатия. Искозим «идеальную» модель деформацией сжатия для стороны 1-14. Тогда изменения длин произойдут в треугольниках 1, 2, 36 (рис. 2). Красным цветом показаны деформации растяжения, зеленым – сжатия. Вычислим данные «текущей» модели, а также разность данных «идеальной» и «текущей» моделей (табл. 1).

Из таблицы 1 видим, что при деформациях растяжения и сжатия стоит обращать внимание на изменение длин сторон, поскольку изменение направления вектора нормали является несущественным. Поскольку в треугольниках 3, 4, 5, 34, 35, 37 длины сторон остаются неизменными, можно утверждать, что марки 2, 19 и 33 не изменили своего положения. Отсюда делаем вывод, что в ситуации, изображенной на рис. 2, свое положение изменили только марки 1 и 14. А поскольку расстояние между этими марками уменьшилось, то можно судить о том, что в треугольнике 1 присутствует деформация сжатия. Вычислим деформацию сжатия: $\varepsilon = \Delta l / l_0 = 0,002$, где $\Delta l = l - l_0$ – абсолютное удлинение/уменьшение,

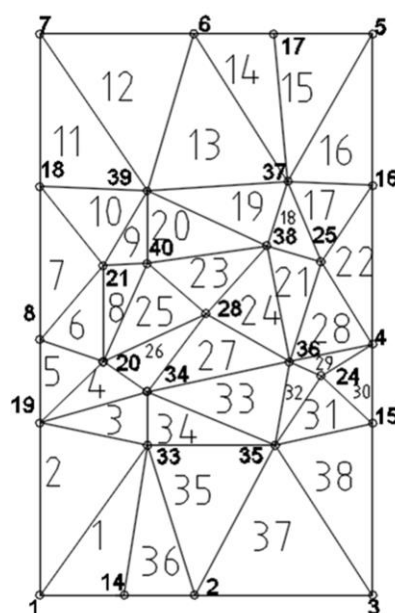


Рис. 1. Полигональная сетка и нумерация треугольников

к

l – длина деформированного тела, l_0 – длина тела в недеформированном состоянии. Полученная величина не превышает допуск $\varepsilon_{\text{доп}} = 0,002$, устанавливаемый в [4].

Таблица 1
Разность между «идеальной» и «текущей» моделями

№ треугольника	Изменение длин сторон треугольника, мм			Изменение направления вектора нормали
	1	2	3	
1	-17	+9	-22	+09"
2	-11	0	-17	+09"
36	+9	0	+8	0

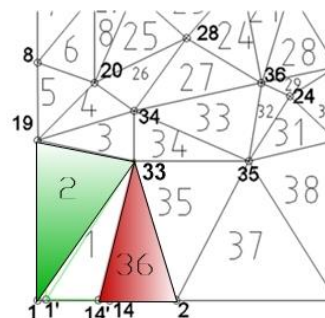


Рис. 2. Визуализация деформации растяжения/сжатия в треугольниках

Исследование неравномерной осадки. Для исследования неравномерной осадки исказим марки 1 и 5 модели, изображенной на рис. 1. Тогда изменятся длины сторон 5-17 и 5-37 треугольника №15, 5-16 треугольника №16. Получим разность данных «текущей» и «идеальной» моделей (таблица 2). Отсутствие изменения длин сторон в треугольниках 3, 4, 5, 14, 17, 22, 36 позволяет сделать вывод о том, что марки 14, 17, 16, 19 не изменили своего положения. Значит, изменили своё положение марки 1 и 5. Сравнивая данные таблиц 1 и 2, видим, что изменение длин сторон при неравномерной осадке по сравнению с деформацией сжатия является маленьким или вовсе отсутствует, а изменение направления векторов нормалей к треугольникам, наоборот, существенно. Соответственно, изменились координаты Z марок 1 и 5. Тогда неравномерную осадку вычисляют через расстояния и их изменения по новой формуле, выведенной автором: $\Delta S = \Delta Z_5 - \Delta Z_1 / L_{15} = \sqrt{L_{5'17}^2 - L_{517}^2} - \sqrt{L_{1'14}^2 - L_{114}^2} / L_{15} = 0,0005$. Полученное значение не превышает допуск $\Delta S_{\text{доп}} = 0,0007$, устанавливаемый в [4].

Таблица 2
Разность данных «идеальной» и «текущей» моделей

№	Изменение длин сторон треугольника, мм			Изменение направления вектора нормали
	1	2	3	
1	0	0	0	+17'11"
2	0	0	0	+08'04"
15	0	-18	+1	+02°27'27"
16	+1	-9	0	+01°36'46"

Таблица 3
Разность данных «идеальной» и «текущей» моделей

№	Изменение длин сторон треугольника, мм			Изменение направления вектора нормали
	1	2	3	
1	0	0	0	+21'44"
2	0	0	0	+03'13"
5	0	+2	0	+13'29"
6	0	0	+2	+12'43"
7	0	0	+1	+08'25"
11	0	0	0	+07'07"
12	0	+1	0	+07'20"

Исследование деформации прогиба. Для исследования прогиба исказим марки 1, 8, 7 модели. Тогда произойдут изменения сторон в треугольниках № 1, 2, 5, 6, 7, 11, 12. представлены на рис. 3. Получим разность данных «идеальной» и «текущей» моделей (табл. 3). Исходя из таблицы 3, видим, что изменения направлений векторов нормалей существенно по сравнению с изменениями в случае деформации сжатия/растяжения (см. табл. 1). В треугольниках 3, 4, 10, 13, 36 длины сторон не

изменились, можно судить о том, что марки 6, 14, 18, 19 не изменили своего положения, значит изменили своё положение марки 1, 8 и 7. Причем эти марки получили осадку. Предположим, что возникла деформация прогиба. Для этого исследуем по известным формулам расположение марок 1, 8, 7 на одной прямой до деформации прогиба и после нее. Кроме того, рассмотрим варианты I-VI, в которых изменение осадок марок будет различным (рис. 3): варианты I и II подразумевают расположение марок на одной прямой, варианты III и VI – деформацию выгиба и прогиба соответственно, варианты IV и V заставляют рассмотреть положение вектора 1'-8' к 1-7 и вектора 8'-7' с вектором 1-7. Коллинеарность векторов покажет отсутствие деформации прогиба. Таким образом, если марки не лежат на одной прямой и вектора, соединяющие их не коллинеарны исходным векторам, значит в модели присутствует деформация прогиба/выгиба. Тогда прогиб вычисляют через расстояния и их изменения по новой формуле, выведенной автором:

$$\frac{f}{L} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L_{18} + L_{78} - L'_{17}}{L_{18}}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L_{17} - L'_{17}}{0,5L_{17}}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\Delta L_{17}}{0,5L_{17}}} = 0,00003.$$

Полученное значение не превышает допуск $f/L = 0,0008$, устанавливаемый в [5].

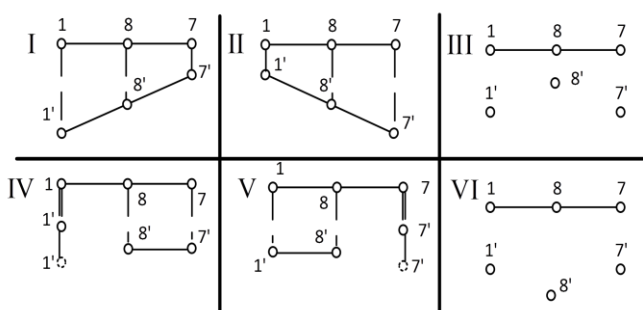


Рис. 3. Варианты изменения осадок трех марок

Выявление деформированных марок по их отклонениям от плоскости. Для определения деформированных марок модели по известным формулам математики строят плоскости для «идеальной» и «текущей» моделей на трех марках, которые остались стабильными по результатам измерений в «текущей» модели. Далее вычисляют отклонения «идеальной» и «текущей» моделей от

плоскости. По разности отклонений находят деформированные марки.

Выводы и результаты. Получен новый алгоритм выявления деформаций растяжения/сжатия, неравномерной осадки и прогиба по изменениям расстояний направлений векторов нормалей в треугольниках.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Загрядская Н.Н. Инженерная геодезия. Наблюдение за техническим состоянием и деформациями при строительстве и эксплуатации сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
2. Степанова О.С. Анализ способов геодезических наблюдений за деформациями применительно к объектам культурного наследия / О.С. Степанова // Горный информационно-аналитический бюллетень, Москва. 2014. №4. С. 418-422.
3. Жихарев С.А., Скворцов А.В. Моделирование рельефа в системе графИн // геоинформатика: Теория и практика. Вып. 1. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 193-204.
4. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на угольных месторождениях. ПБ 07-269-98 / [утв. постановлением Госгортехнадзора России от 16 марта 1998 г. №13]. М.: Москомархитектура, 2003. 41 с.
5. Свод правил по проектированию и строительству: СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. М.: ОАО «НИЦ «Строительство» (НИИОСП им. Н.М. Герсевича), 2011. 162 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ОБРАТНОМ ТЕРМОСИФОНЕ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Использование гелиоустановок с естественной циркуляцией теплоносителя помимо технико-экономических показателей характеризуется конструктивными особенностями взаимного расположения входящих в состав элементов. Невозможность размещения баков-аккумуляторов горячей воды ниже отметки солнечных коллекторов существенно ограничивает область их применения. В то же время, по данным исследования [1], выполненного в рамках Программы солнечного теплохолодоснабжения Международного энергетического агентства (SHC IEA), гелиоустановки с естественной циркуляцией теплоносителя до сих пор являются наиболее востребованными в солнечных системах теплоснабжения. Это обуславливается их преимуществами, такими как простота, ценовая доступность, энергонезависимость и надежность в процессе эксплуатации, низкая потребность в квалифицированном обслуживании.

Для расширения областей использования и повышения энергоэффективности ведутся исследования новых конструкций безнасосных гелиоустановок [2-4]. Общим направлением этих исследований является разработка новых способов и устройств теплопереноса в направлении гравитационных сил. Успешное решение этой задачи позволит создавать безнасосные гелиоустановки, в которых теплоаккумуляторы размещаются ниже солнечных коллекторов, а соответственно существенно снизит ограничения их использования. Вместе с тем, широкого применения такие установки пока еще не получили. Основными сдерживающими факторами их использования являются малые расстояния теплопереноса (до 1,5-2 м) характерные для тепловых труб, а также конструктивная сложность и прерывистость циклов теплопереноса в обратных двухфазных термосифонах.

В [5] представлена комбинированная тепловая энергоустановка, в состав которой входит безнасосная гелиоустановка с обратным термосифоном (ОТС) оригинальной конструкции. Принцип действия известных конструкций термосифонов основывается на явлении естественно-конвективного движения жидкости в ограниченном пространстве (внутреннее течение). Экспериментальным методом исследования и компьютерному моделированию внутренних течений посвящён большой объем работ, в том числе работы [6-7]. Отличительными особенностями ОТС являются расстояния (более 10 м) и реализуемый способ теплопереноса, вектор которого совпадает с направлением действия сил гравитации (сверху вниз).

Целью работы является разработка экспериментального стенда и подтверждение реализуемости теплопереноса в ОТС.

Задачами работы являются:

- представление (конструирование) ОТС в виде экспериментального комплекса с минимально допустимым количеством элементов, наделенных заданными свойствами;
- оценка эффективности предложенного способа теплопереноса с выявлением рациональных режимов функционирования;
- экспериментальное определение основных предпосылок и допущений для разработки математической модели расчета ОТС;
- оценка необходимого объема дальнейших исследований ОТС.

Минимальное количество элементов экспериментального стенда принято исходя из обеспечения подобия реальной гелиосистеме: солнечный коллектор (источник теплоты) – ОТС – теплоаккумулятор (потребитель теплоты). В этой связи, стенд представляет собой (рис. 1) установленную на каркасе и заполненную водой трубу диаметром 100 мм (корпус ОТС) со встроенными внутрь змеевиками нагревателя и охладителя, а также подвижными с помощью электромотора средствами переноса теплоты (СПТ). Источником и потребителем теплоты служат, соответственно, бак горячей воды со встроенным ТЭНом, и бак холодной воды с элементом Пельтье.

В один из экземпляров СПТ (шар диаметром 5 см) и по высоте трубы с шагом 10 см вмонтированы термисторы, выведенные на единую плату с подключением через АЦП L-Card E-440 к компьютеру (рис. 2). Управление стендом осуществляется с панели управления, где регулируются температура нагрева, направления и скорость перемещения средств переноса теплоты по вертикали.



Рис. 1

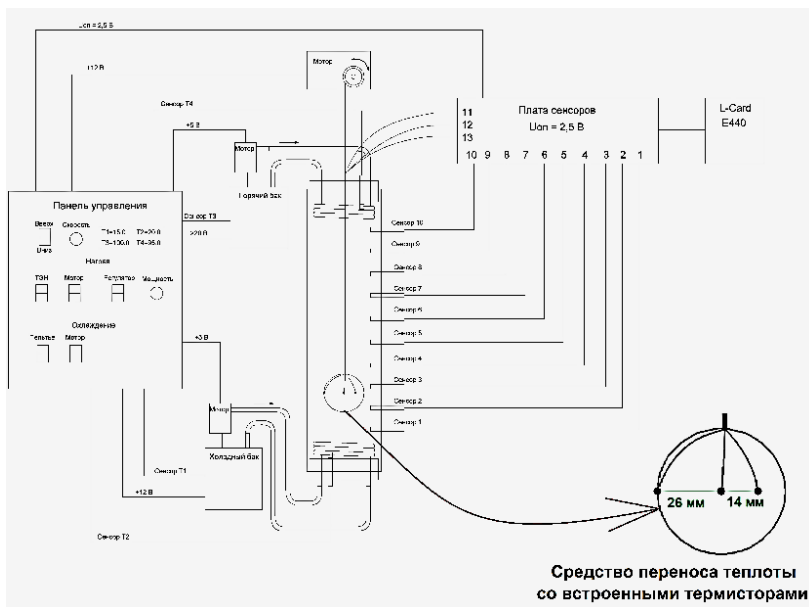


Рис. 2

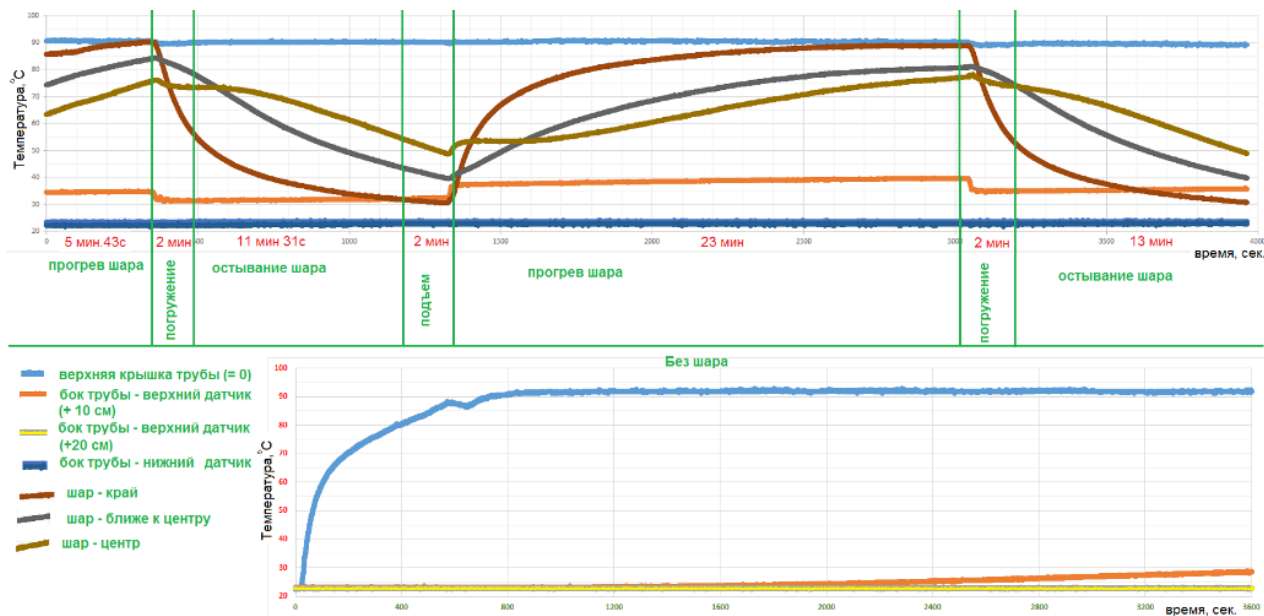


Рис. 3

На рис. 3 представлены графики изменения температуры воды и шара (верхняя часть рис. 3) при поддержании температуры в верхнем уровне трубы равной 90 °С, а так же графики изменения температуры воды при отсутствии шара (нижняя часть рис. 3).

Из графиков видно, что теплоперенос при нагреве верхней части трубы осуществляется с низкой скоростью. Кроме того, в случае без шара повышение температуры выше температуры воздуха помещения, в котором проводился эксперимент, зафиксировано только на термодатчике, размещенном вблизи нагревателя (сенсор №10 на рис. 2, расстояние 10 см от змеевика нагревателя). Таким образом, осуществляемый теплоперенос сверху вниз только теплопроводностью и температурная стратификация воды не позволили достичь прогрева воды по всей высоте трубы (суммарная продолжительность нагрева составила 158 минут). В то же время включение в работу шара позволило незначительно повысить эффективность теплопереноса – по всем датчикам кроме сенсора №10 зафиксированы температуры на 5-6% выше, чем без шара. По сенсору №10 значение температуры наоборот зафиксировано ниже на 5%, что объясняется перемешиванием воды при перемещениях шара, что отчетливо видно на рис. 3 по резким перепадам температуры на границах зон погружение/подъем шара.

Проведенные измерения со СПТ меньших размеров, но с большей частотой перемещения показали повышенную интенсивность теплопереноса по сравнению с вышеописанным. Это связано с большим перемешиванием воды по высоте трубы и показывает значительную роль массообмена в работе ОТС.

Выводы.

1. Разработан экспериментальный стенд, позволяющий проводить физическое моделирование теплопереноса в предлагаемом обратном термосифоне, а результаты проведенных на нем измерений подтвердили реализуемость теплопереноса.

2. В соответствии с данными измерений теплоперенос в обратном термосифоне реализуется за счет теплоемкости средств переноса теплоты и перемешивания жидкости при их перемещении и подобен с тепло- и массообменом при свободной конвекции, однако имеет противоположный вектор направления.

3. Интенсификация теплообмена наблюдается с повышением количества средств переноса теплоты, что определяет целесообразность доработки экспериментального стенда в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Mauthner F., Weiss W., Spörk-Dür M. Solar Heat Worldwide. Edition 2016. STEINHUBER INFODESIGN, Graz, Austria. 2016.
2. Бондаренко Ю.И. Результаты испытаний теплопередающего устройства для системы гелиотеплоснабжения. Сб. науч. Трудов ТашЗНИИЭП: Гелиотеплоснабжение и утилизация тепла в гражданском строительстве. Ташкент, 1983. С. 48- 60.
3. Сасин В.Я., Савченкова Н.М., Фантоци Ф., Филиппечи С., Сальвадори Г. Двухфазные антигравитационные термосифоны с использованием солнечной энергии для систем теплоснабжения. Труды Четвертой Российской национальной конференции по теплообмену: В 8 томах. Т. 5. Испарение, конденсация. Двухфазные течения. М. Изд. дом МЭИ, 2006. с. 176-178.
4. Huang B.J., Yang P.E., Wang J. H., Wu J. H. Integral-type solar water heater using loop heat pipe. Proceedings of ISES World Congress 2007. Springer. с. 678- 682.
5. Аверьянов В.К., Елистратов В.В., Тютюнников А.И., Мележик А.А. Энергосберегающая тепловая энергоустановка на основе ВИЭ. Журнал «Энергосбережение» №6, 2015. с. 68- 73
6. Гебхарт Б., Джалурия Й., Махаджан Р., Саммакия Б. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. В 2-х книгах. Пер. с англ. М.: Мир, 1991.
7. Ананьев П.А., Волков П.К. Естественная конвекция в вертикальном канале и цилиндре при нагреве снизу. Матем. моделирование, том 16, № 11, 2004, с. 89-100.

ВОЛНОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СЕКТОР ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Волновая энергетика – это молодая и перспективная отрасль альтернативной гидроэнергетики, использующая энергию морских и океанических волн и течений.

Суммарная волновая мощность Мирового океана оценивается по разным источникам от 10 до 90 млрд. кВт. Однако мощность, которая может быть полезно использована значительно меньше – всего 2,7 млрд. кВт, но и это значение примерно равно мощности всех действующих электростанций мира [6].

В морских волнах концентрируется энергия ветра, дующего над океанскими просторами. Энергия волны зависит от таких параметров, как длина и период волны, ее амплитуда. Период волны измеряется временем между появлением двух последовательных гребней волны в заданном районе.

Энергия морских волн превосходит по удельной мощности как ветровую, так и солнечную энергию. Считается, что в открытом море при высоте волны более 10 м (обеспеченность – не более 1%) удельная мощность может достигать 2 МВт/м. Однако технически возможно использовать энергию волн лишь в прибрежных зонах, где она не превышает 80 кВт/м [6].

В России удельная мощность ветрового волнения Черного моря составляет 6-8 кВт/м, Каспийского – 7-11, Баренцева – 22-29, Балтийского – 7-8, Охотского моря – 12-20 кВт/м. Суммарная мощность волн, набегающих на береговую линию этих морей (в пределах территории России) составляет примерно 100 ГВт [1,2].

На установках, преобразующих энергию волн, эффективность может существенно превышать прочие альтернативные способы, такие как ветровые и солнечные электростанции, достигая коэффициента полезного использования до 85%.

Волновые электростанции (ВлЭС) являются одним из самых чистых, безотходных и безопасных источников электроэнергии, тем самым оказывая минимальное воздействие на окружающую среду.

Исследованию способов преобразованию энергии морских волн посвящены работы [3-6, 8].

Независимо от принципа работы подавляющее большинство волновых энергетических установок представляют собой сооружение, состоящее из трех основных частей: рабочего органа, силового преобразователя, системы крепления [4].

Функциональное назначение каждой из частей состоит в следующем:

- 1) рабочий орган находится в непосредственном контакте с водой и под действием волн совершает какие-либо движения, например, колебательные. В качестве рабочего органа выступают поплавки, водяные колеса, волноприемные камеры и пр. [4];
- 2) силовой преобразователь служит для преобразования энергии, запасенной рабочим органом, в энергию, пригодную для использования или передачи на расстояние. В качестве таких преобразователей могут выступать разнообразные по исполнению гидравлические насосы, зубчатые, цепные, тросовые передачи, гидравлические и воздушные турбины и т. п. [4];
- 3) система крепления удерживает на месте волновую установку. Если установка располагается на берегу, то в качестве системы крепления выступает сама конструкция установки.

На волновых электростанциях потенциальная и кинетическая энергия волн преобразуется в электрическую энергию. Одним из видов волновых преобразователей, использующих кинетическую энергию морских волн, является установка с «искусственным атоллom» (рис. 1). Принцип работы данной волновой электростанции заключается в аккумулировании кинетической энергии морских волн. Волны, набегаая на поверхность наклонного откоса, переливаются через его гребень и заполняют бассейн электростанции. Полученный напор используется низконапорными гидроагрегатами.

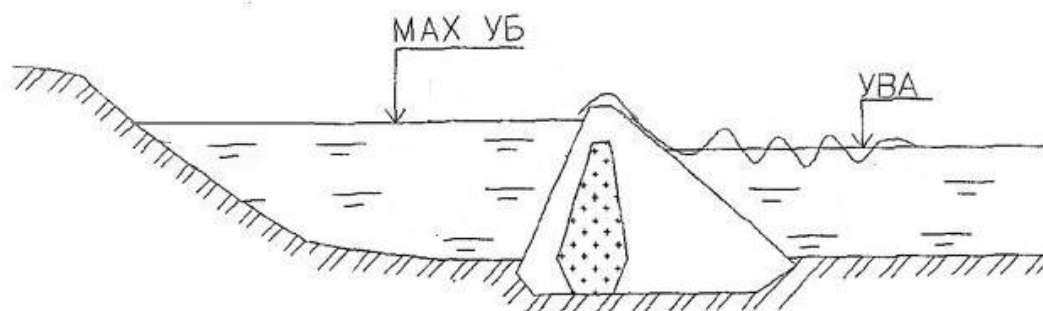


Рис. 1. Схема волновой установки с «искусственным атоллom»

Существуют факторы, затрудняющие широкое использование энергии морских волн, так как эта энергия имеет случайный характер и непостоянна во времени. Кроме того, еще не полностью решены такие технические проблемы, как крепление установок в море, противокоррозионная устойчивость и долговечность оборудования, передача энергии (особенно на большие расстояния и при больших глубинах) и др.

С экономической точки зрения, волновая гидроэнергетика остается очень затратной, 1 кВт энергии произведенной на ВлЭС стоит в несколько раз дороже энергии производимой на АЭС и ТЭС [7]. Однако для развития прибрежных и островных территорий ВлЭС – очень перспективный и выгодный вариант энергоснабжения. Во-первых, снижается, почти на 100%, зависимость от привозного топлива, во-вторых, создается своя стабильная энерго-экономическая система, в-третьих, отпадает необходимость использования веществ, загрязняющих окружающую среду, в качестве основных энергоресурсов.

В нашей стране оптимальным регионом для строительства ВлЭС, является Дальний Восток и Курильские острова, где средняя высота волн и их удельная мощность, позволяют эффективно использовать этот возобновляемый источник энергии [9].

Выводы: Для повышения эффективности и удешевления вырабатываемой электроэнергии на волновых энергоустановках необходима тщательная проработка функциональных элементов и оптимизация их параметров с учетом реальных условий на месте эксплуатации. В случае установки с «искусственным атоллom» – это разработка адаптивного наклонного откоса, задача которого подстраиваться под разные высоты набегающих морских волн.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бальзанников М.И., Елистратов В.В. Возобновляемые источники энергии. Аспекты комплексного использования. Самара: ООО «Офорт»; Самарский ГАСУ, 2008. 331 с.
2. Васильев Ю.С., Безруких П.П., Елистратов В.В., Сидоренко Г.И. Оценки ресурсов возобновляемых источников энергии в России: учебно-справочное пособие. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2008. 251 с.
3. Дьяков А.Ф., Морозкина М.В. Проблемы использования энергии волн. М.: Энергоатомиздат, 1993. 176 с.
4. Елистратов, В.В. Возобновляемая энергетика. СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2016. 424 с.

5. Использование волновой энергии: учеб. пособие / В.И. Виссарионов, В.В. Волшаник, Л.А.Золотов и др. М.: Изд-во МЭИ, 2002. 142 с.
6. Коробков В.А. Преобразование энергии океана. Л.: «Судостроение», 1986. 279 с.
7. Сидоренко Г.И., Кудряшева И.Г., Пименов В.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Техничко-экономический анализ: учебное пособие / под общ. ред. В.В. Елистратова, Г.И. Сидоренко. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2008. 248с.
8. Сичкарев В.И., Акуличев В.А. Волновые энергетические станции в океане. Л.: Наука, 1989. 134 с.
9. Чижиумов С.Д., Каменских И.В., Трубецкая О.В. Возможность использования энергии морских волн на дальневосточном побережье // Избранные доклады Третьей Сахалинской региональной морской научно-технической конф. «Мореходство и морские науки – 2011». Южно-Сахалинск: СахГУ, 2011. С. 132-141.

УДК 621.311

А.Рамадан

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СЕТЕВОЙ ВЭУ 1,3 МВт С АСИНХРОННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ В MATLAB SIMULINK

При подключении и эксплуатации ветровых электростанций существует ряд проблем, которые происходят в основном из-за высокой изменчивости условий окружающей среды, влияющих на выработку электроэнергии от этих источников, и частично из-за явлений, характерных для механических и электрических устройств, входящих в состав ветроэнергетических установок (ВЭУ) [1].

Для обеспечения высокого качества электроэнергии и энергетической безопасности эксплуатации ВЭУ необходимо разработать модели отдельных элементов системы энергоснабжения: модель ветрового потока, ветровой турбины, системы аэродинамического управления, трансмиссии, электрогенератора, элементов силовой электроники, трансформатора, энергосистемы в точке подключения и измерительных элементов.

Для создания моделей необходимо выбирать подходящие алгоритмы и аппроксимационные или интегрированные методы, следовательно, требуется специальное программное обеспечение для моделирования [2]. Одним из инструментов, которые успешно используются для создания моделей различных систем во всех отраслях находится в пакете Simulink, который является составной частью среды математической программы MATLAB и позволяет использовать блоки базовых математических функций для создания всех перечисленных систем [3].

Целью данной работы является провести имитационное моделирование сетевой ветроэнергетической установки мощностью 1,3 МВт с асинхронным генератором на основе ВЭУ марки Siemens SWT 1.3 MW/62 для исследования режимов работы ВЭУ.

Для достижения поставленной цели разработана математическая модель ВЭУ в среде MATLAB Simulink и созданы четыре модели элементов ВЭУ: модель ветроколеса, модель аэродинамического управления, модель механики ветроколеса и модель электрической части, которые детально были описаны в [4].

Для исследования режимов работы ВЭУ на примере ВЭУ Siemens SWT 1.3 MW/62 рассмотрены основные режимы работы: пуск ВЭУ, рабочие режимы ВЭУ, режим короткого замыкания, остановка ВЭУ.

1. Пуск ВЭУ. Для пуска асинхронного генератора в начальный момент времени требуется реактивная мощность, вырабатываемая системами компенсации реактивной мощности (в данном случае конденсаторными батареями).

2. Рабочие режимы ВЭУ. Учитывая факт того, что ВЭУ работает на случайном приходе ветрового ресурса, рассмотрены несколько рабочих режимов ВЭУ:
 - увеличение скорости ветра от начального значения до номинального (13 м/с);
 - уменьшение скорости ветра ниже номинального значения;
 - увеличение скорости ветра сверх номинального значения.
3. Режим короткого замыкания. Режим короткого замыкания определяется включением на шины генератора элемента Three-phase fault («Трёхфазная ошибка»). Рассмотрены основные виды коротких замыканий (КЗ): однофазное, двухфазное и трёхфазное.
4. Остановка ВЭУ. При увеличении скорости ветра выше предельной, происходит остановка турбины.

Модель ВЭУ реализована в среде MATLAB Simulink и показана на рис. 1.

В работе получены следующие результаты.

1. При режиме пуска асинхронного генератора ВЭУ мощностью 1,3 МВт требуется реактивная мощность около 300 кВАр. В дальнейшем при линейном увеличении механического момента на роторе генератора наблюдается линейное возрастание активной мощности и нелинейное увеличение реактивной мощности, как показано на рис. 2.

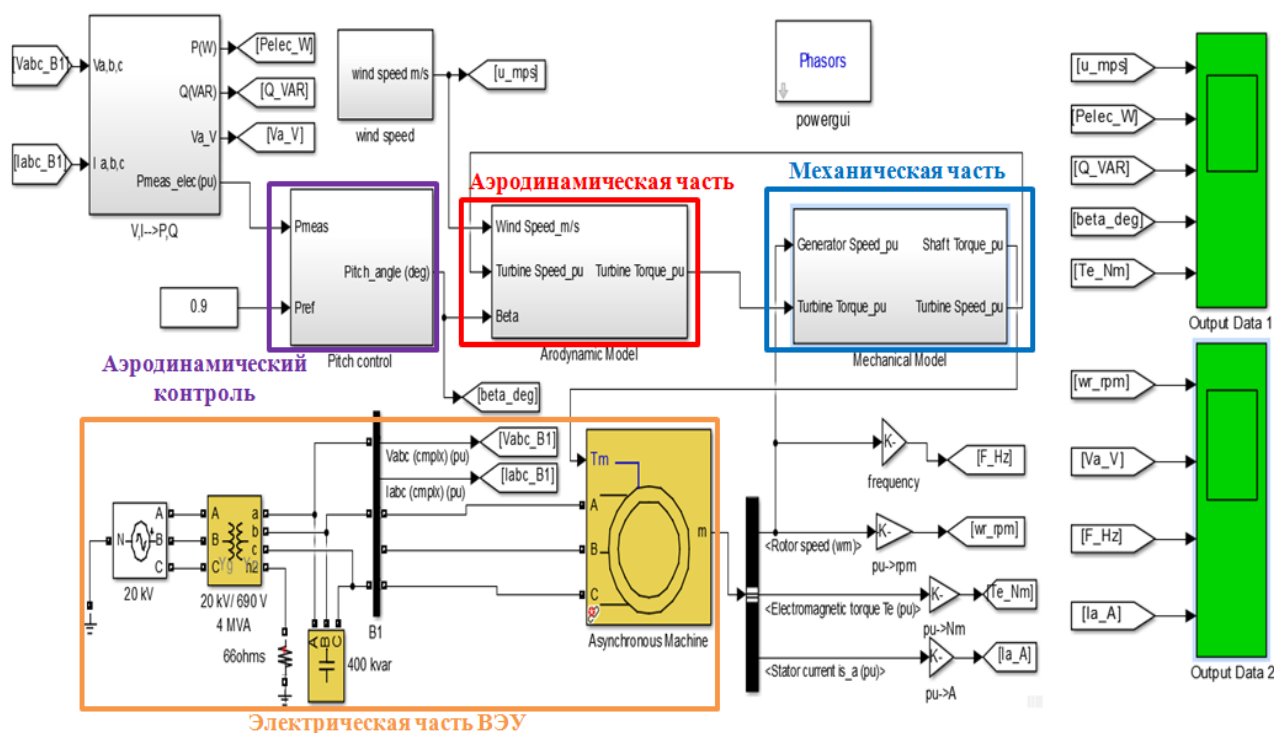


Рис. 1. Модель сетевой ВЭУ в среде MATLAB Simulink

2. При каждом из рабочих режимов ВЭУ сняты следующие показатели: активная и реактивная мощности генератора (P , Q), угол атаки (β), скорость ветра (V), напряжение (V_a), частота на шинах генератора (f), электромагнитный момент на валу генератора (T_e), скорость вращения ротора генератора (n) и ток на обмотке статора (I_a). Основные результаты моделирования сведены в табл. 1.

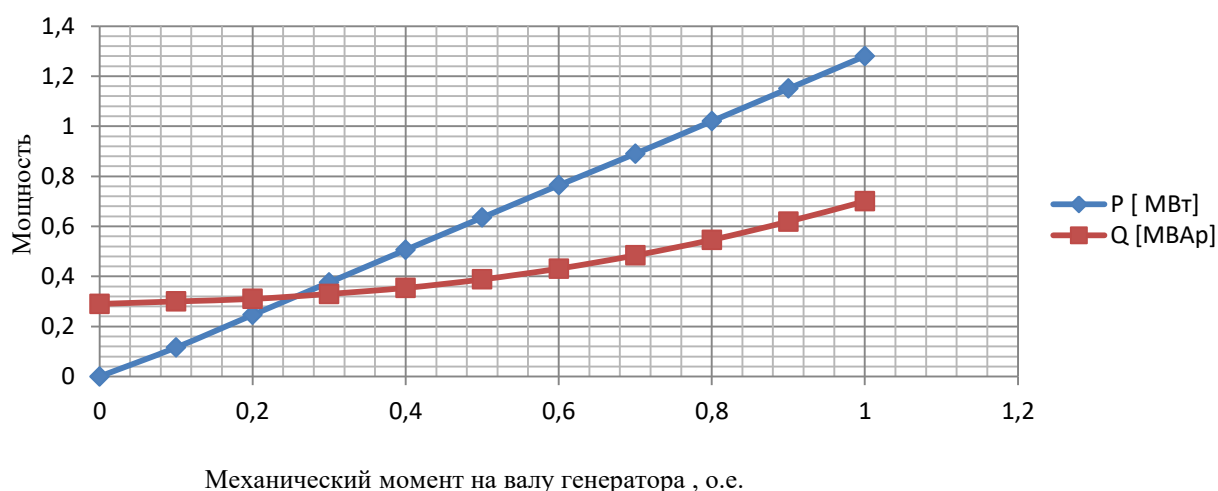


Рис. 2. Мощность асинхронного генератора при линейном увеличении момента на его роторе

3. При режиме короткого замыкания на шинах генераторного напряжения значение тока значительно увеличивается. Результаты максимальных значений тока для трёх фаз сведены в табл. 2.

Таблица 1

Основные параметры ВЭУ

Время t , с	V , м/с	P , Вт	Q , ВАр	β , град	T_e , Н·м	I_a , А	V_a , В	f , Гц	n , об/мин
3	4	547	$-0,3 \cdot 10^6$	0	0,5	246	398,7	50	1500
12	13	$1,27 \cdot 10^6$	$-0,7 \cdot 10^6$	0	8294	1087	397,1	50,28	1508
23	10	$7,4 \cdot 10^5$	$0,45 \cdot 10^6$	0	4733	636	398,3	50,14	1504
43	13	$1,27 \cdot 10^6$	$-0,7 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^{-13}$	8294	1087	397,1	50,28	1508
47	17	$1,6 \cdot 10^6$	$-0,9 \cdot 10^6$	6,53	10300	1395	396	50,37	1511
55	25	$1,27 \cdot 10^6$	$-0,7 \cdot 10^6$	37	8294	1087	397,1	50,28	1508
63	26	0	$-0,3 \cdot 10^6$	0	0	246	398,7	0	0

Таблица 2

Результаты максимальных значений тока для трёх фаз

	Номинальный режим	Однофазное КЗ на землю	Двухфазное КЗ на землю	Трёхфазное КЗ на землю
Ток на шинах генератора $I_{кз}$, А	1088	1088	6600	7000

На основе исследований по моделированию основных режимов ВЭУ марки Siemens SWT 1.3 MW/62 в программной среде MATLAB Simulink можно сделать следующие выводы:

1. При пуске асинхронного генератора мощностью 1,3 МВт требуется реактивная мощность около 300 кВАр. В номинальном режиме генератор ВЭУ потребляет 700 кВАр. Высокое потребление реактивной мощности из сети, требуемой для пуска и работы генератора ВЭУ является одним из важнейших минусов такого типа силового тракта.

2. При резком превышении скорости ветра выше номинального значения (1,3 МВт), происходит резкое увеличение мощности сверх номинального значения. Однако, за счет

включения системы управления поворотом лопастей происходит регулирование угла атаки в диапазоне от 0 до 37 градусов.

3. Для всех рабочих режимов оценены показатели качества электроэнергии, которые находятся в допустимых по ГОСТу [5] пределах, максимальное отклонение напряжения составляет 1,5%, частоты – 1%. Малые отклонения связаны с тем, что подключение ВЭУ рассматривается к сети большой мощности, которая обеспечивает регулирование перетоков мощности и показателей качества выдаваемой электроэнергии на шины ВЭУ.

4. При коротком замыкании на шинах генераторного напряжения, наиболее значение тока короткого замыкания достигается в режиме трёхфазного КЗ на землю, составляющее около 7000 А, что в 7 раз больше номинального значения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика, Изд. 3-е доп. СПб. Изд. Полит. ун-та, 2016. 424 с.
2. Djamila Rekioua. Wind Power Electric Systems: Modeling, Simulation and Control. Springer. 2013. P. 202.
3. Kumar T., Tulasi A., Swain S. Hybrid Wind Diesel Energy System Using Matlab Simulation // International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT). Vol. 2, Issue 5, September 2013.
4. Рамадан А., Денисов Р.С. Моделирование режимов работы ВЭУ с асинхронным генератором в MATLAB Simulink / Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 222-224 с.
5. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения (от 22 июля 2013 г. N 400-ст).

УДК 621.31.21

К.А.Баянбаев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГЭС

Энергосбережение стало одним из приоритетных направлений технической политики во всех развитых странах мира. В течение длительного отрезка времени в странах СНГ отпускная цена на энергоносители была значительно ниже фактической стоимости, что не стимулировало внедрения энергосберегающих технологий.

Из спектра различных решений, применяемых для энергосбережения, одно из наиболее эффективных и быстро окупаемых, требующих относительно небольших капиталовложений – внедрение высокотехнологичной и наукоемкой энергосберегающей техники – частотно-регулируемых асинхронных приводов, позволяющих оптимизировать режимы работы в широком диапазоне изменения нагрузок электродвигателей собственных нужд ГЭС.

Основными направлениями повышения энергоэффективности ГЭС являются оптимизация режимов их работы в энергосистеме с сокращением технологических потерь и энергопотребления на собственные нужды. В основе лежит проведение энергоаудита с оценкой энергоэффективности ГЭС [1, 5-8].

Несмотря на то, что источниками энергии для системы собственных нужд являются генераторы и энергосистема, схемы собственных нужд гидроэлектростанций имеют существенные отличия от схем собственных нужд тепловых электростанций.

Эти различия проявляются в следующем: существенно малая доля энергии, потребляемая механизмами собственных нужд ГЭС; очень малая доля или полное отсутствие высоковольтных (6 и 10 кВ) электродвигателей; относительно большая доля общестанционной нагрузки по сравнению с агрегатной; значительная территориальная разобщенность общестанционных механизмов собственных нужд.

При построении схем собственных нужд следует учитывать, что многие ГЭС работают в пиковой или полупиковой части графика системы с несколькими пусками и остановками в течение суток, когда коммутации, связанные с переходом с рабочих на пускорезервные трансформаторы собственных нужд и обратно, весьма нежелательны [2].

Пуск агрегата ГЭС занимает не более 50 с., поэтому резерв мощности в энергосистеме целесообразно обеспечить именно этими агрегатами. Благодаря меньшим эксплуатационным расходам, себестоимость электроэнергии на ГЭС, как правило, в несколько раз меньше, чем на тепловых электростанциях.

Основная часть электроэнергии ГЭС выдается в энергосистему. Некоторая часть электроэнергии требуется непосредственно на ГЭС для собственных нужд на низком напряжении. Таким образом, на ГЭС создается система соответствующих электрических устройств, аппаратов и их соединений (источники питания – генераторы; преобразователи напряжения – трансформаторы; коммутационные аппараты – выключатели, разъединители; защитные устройства и др.), которая позволяет выдавать электроэнергию, распределять её по направлениям потребителям (энергосистемам) и резервировать выдачу электроэнергии в случае выхода из строя части агрегатов.

Для достижения поставленной цели был произведен анализ современного состояния энергопотребления на собственные нужды ГЭС. Сколько существует гидроэлектростанций, столько и разнообразия в структурах их главных схем. Каждая схема, прежде всего, определяется требованиями энергосистемы исходя из основных принципов не только обеспечения надёжности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность), а также живучести схемы (сохранение и восстановление повреждённых элементов).

Схема электроснабжения собственных нужд ГЭС делится на схему агрегатных нужд и общестанционных нужд. Собственные нужды определяются потребностью в электроэнергии для приведения в действие систем и механизмов, рассредоточенных на всём гидроэнергетическом узле, чтобы обеспечить бесперебойную его работу. К общестанционным собственным нуждам относятся все другие потребители, обеспечивающие тот или иной технологический процесс при работе ГЭС (освещение, масляное хозяйство, пневматическое хозяйство, вентиляционные установки, разного рода грузоподъёмные механизмы, система осушения проточной части, ремонтные мастерские и др.). Общестанционные СН могут питаться от внешней электрической сети [3].

Традиционные способы регулирования подачи насосных и вентиляторных установок осуществляются дросселированием напорных линий и изменением общего числа работающих агрегатов по одному из технологических параметров. Эти способы регулирования направлены на решение технологических задач и практически не учитывают энергетических аспектов.

Применение частотно-регулируемого электропривода позволяет создать новую энергосберегающую технологию, в которой экономится не только электроэнергия, но и сокращается расход воды за счет снижения ее утечек при превышениях давления в магистральной. При частотном регулировании насосов можно в значительной степени избежать аварийных ситуаций за счет предотвращения гидравлических ударов, возникающих при изменении режимов работы и пуске системы при нерегулируемом электроприводе.

Однако переход от нерегулируемого к частотно-регулируемому электроприводу (ЧРП) не является тривиальной задачей, решаемой путем простой замены одного типа электропривода на другой. Этот переход требует в общем случае и изменения технологического процесса. Правильное применение регулируемого электропривода приводит к изменению и упрощению технологического цикла, автоматизации технологического процесса. В этой связи целесообразен пересмотр в ряде случаев, как технологических схем, так и норм проектирования с тем, чтобы наиболее эффективно

использовать преимущества ЧРП. Это особенно важно, если учесть, что капитальные затраты, связанные с установкой регулируемого электропривода, превышают таковые по сравнению с нерегулируемым электроприводом [4].

Разработка технико-экономического предложения, обосновывающего решение о внедрении ЧРП, должна базироваться в каждом конкретном случае на технико-экономическом анализе, учитывающем все факторы эффективности.

Целесообразность затрат на ЧРП, позволяющих отказаться от механических устройств регулирования определяется не только экономией электроэнергии, но и рядом других факторов, к которым относятся возможность дополнительной выработки электроэнергии за счет повышения КПД технологического процесса, увеличение межремонтного периода и сокращение затрат на ремонты электротехнического оборудования.

Повышенное потребление электроэнергии на собственные нужды может явиться одной из причин снижения эффективности работы ГЭС [5]. Частотно-регулируемый электропривод как способ энергосбережения, считается окупаемым, если период окупаемости не превышает пяти лет. Такой подход к окупаемости проектов внедрения ЧРП является традиционным для промышленно развитых стран, в которых проблемы энерго- и ресурсосбережения решаются на основе долгосрочной государственной политики. Следует отметить, что с предельным сроком окупаемости в ряде стран связан средний срок списания первоначальной стоимости энергосберегающего оборудования.

Схема собственных нужд Саяно-Шушенской ГЭС обладает следующими достоинствами: надёжностью питания потребителей общестанционных и агрегатных СН в нормальных, ремонтных и аварийных режимах; гибкостью схемы; простотой и наглядностью; ремонтпригодностью [2]. Однако авария на ГЭС, произошедшая 17 августа 2009 г., выявила и ряд недостатков в системе собственных нужд, требующих серьезной проработки. Например, аварийные затворы оказались обесточены.

После аварии на Саяно-Шушенской ГЭС были ужесточены требования к надежности и безопасности. На вновь строящихся и модернизируемых ГЭС предусмотрено: автоматическое закрытие затворов на турбинных водоводах и направляющих аппаратов гидротурбин в случае потери питания; резервное энергоснабжение в случае полной потери электропитания; применение системы виброконтроля, немедленно останавливающей гидроагрегат и отключающей его от сети при превышении допустимых пределов вибрации; вынос на незатопляемые отметки помещений для персонала, ремонтных мастерских и оборудования, отвечающего за энергоснабжение самой станции.

Внедрение частотно-регулируемых приводов в систему потребителей собственных нужд ГЭС позволяет: облегчить работу электродвигателя (отсутствуют пусковые токи); увеличить ресурс электродвигателя и насоса из-за снижения износа; стабилизировать давление в системе технического водоснабжения; перейти на новый уровень автоматизации и обеспечить защиту электродвигателя от токов короткого замыкания на землю, токов перегрузки, неполнофазного режима, недопустимых перенапряжений.

Для ускоренного обновления оборудования в пользу нового энергосберегающего, соответствующего передовому уровню техники и технологии необходимо вести правильную техническую политику и иметь мощные экономические рычаги.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сидоренко Г.И. Оценка энергоэффективности Путкинской гидроэлектростанции Кемского каскада // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2014, № 271, с.83-93.
2. Брызгалов В.И., Гордон Л.А. Гидроэлектростанции, Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. 541 с.
3. СТО 17330282.27.140.020-2008. Системы питания собственных нужд ГЭС. Условия поставки. Нормы и требования. www.complexdoc.ru

4. Зайцев А.И., Лядов Ю.С. Регулируемый электропривод и его роль в энергосбережении. Журнал «Электротехнические комплексы и системы управления», №2. 2006.
5. РД 153-34.2-09.165-00 Типовая программа проведения энергетических обследований гидроэлектростанций. www.tehlit.ru.
6. Сидоренко Г.И., Михеев П.Ю. Оценка энергетической эффективности жизненных циклов энергетических объектов на основе ВИЭ, Сб. мат-ов XXI междунар. научно-практ. конф. “Проблемы и перспективы инновационного развития экономики”, г. Алушта, 19-24 сентября 2016, Москва-Симферополь, 2016, с. 251-259.
7. Безруких П.П., Безруких П.П., Сидоренко Г.И. О климатической информации для производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии // Метеоспектр, 2016, №1, с.59-68 GS
8. Масликов В.И., Сидоренко Г.И. Анализ водноэнергетических режимов Жигулевской ГЭС и связь выработки электроэнергии со стоком // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. Вып. №2(19). С.73-80. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.02.12

УДК 621.311

И.Ю.Азарова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТАРИФОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ДЛЯ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ

Существующая в России система формирования тарифов не учитывает всех особенностей работы ГАЭС, множественность оказываемых ею услуг энергосистеме и, соответственно, не предусматривает финансовой компенсации затрат, направленных на восстановление ресурса гидроэнергетического оборудования и поддержание высокой степени надежности станции. При отсутствии механизма компенсации оказываемых ею услуг ГАЭС неизбежно будет убыточной.

В условиях нового оптового рынка электроэнергии и мощности в России необходимо разрабатывать новые механизмы формирования тарифов гидрогенерирующих объектов с введением экономических санкций и поощрений за качество регулирования, для эффективности которых их величина должна быть достаточно большой и существенно превышать экономию затрат при неполном предоставлении системных услуг. Одним из центральных элементов этого механизма должны стать именно ГАЭС, предоставляющие широкий спектр многофункциональных системных услуг [1].

Системные услуги – это многофункциональная адресная деятельность субъектов энергетического рынка в пользу его оператора в целях обеспечения управляемости технологическими режимами, надежности, безопасности и качества электроснабжения, а также оптимизации работы ЕЭС.

Цель работы – анализ механизмов формирования тарифов на электроэнергию для ГАЭС для обоснования их конкурентноспособности на оптовом рынке.

Одним из механизмов обеспечения требуемого уровня надежности и качества функционирования ЕЭС России должен стать рынок системных услуг (рис. 1), оказываемых системным оператором участникам рынка, и сопутствующих вспомогательных услуг, приобретаемых системным оператором у участников рынка.

Основой формирования рыночных механизмов по обеспечению системной надежности и качества функционирования ЕЭС являются утвержденные Постановлением Правительства от 3 марта 2010 г. №117 Правила отбора субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии, оказывающих услуги по обеспечению системной надежности, и оказания таких услуг.

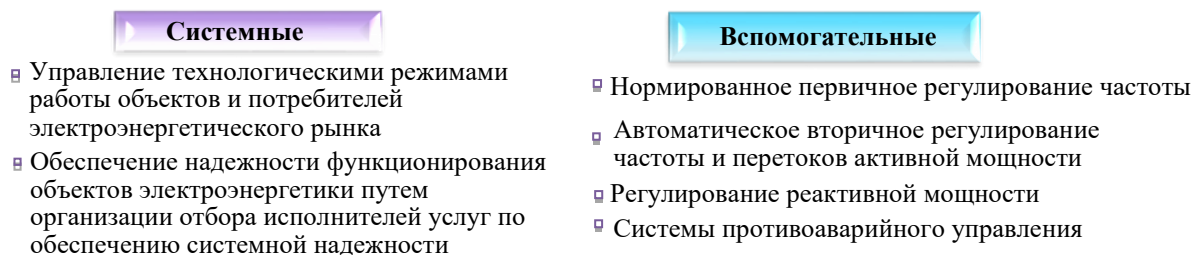


Рис. 1. Виды системных услуг на электроэнергетическом рынке

Правилами предусмотрены следующие виды услуг:

- нормированное первичное регулирование частоты с использованием генерирующего оборудования электростанций;
- автоматическое вторичное регулирование частоты и перетоков активной мощности с использованием генерирующего оборудования электростанций (за исключением ГЭС с $N_y > 100$ МВт);
- регулирование реактивной мощности с использованием генерирующего оборудования электростанций, на котором в течение периода оказания соответствующих услуг не производится электрическая энергия;
- развитие систем противоаварийного управления (включая установку (модернизацию) соответствующих устройств) в ЕЭС России.

Регулирование частоты включает в себя три взаимосвязанные задачи:

- 1) первичное регулирование, обеспечивающее стабильность частоты;
- 2) вторичное регулирование, позволяющее восстановить нормальный уровень частоты и плановые режимы обмена мощностью между частями энергосистемы или регионами;
- 3) третичное регулирование, позволяющее поддерживать заданные величины вторичных резервов и восстанавливать их в случае использования данных резервов в процессе регулирования частоты.

Возможность регулирования реактивной мощности изначально заложена в конструкцию генераторов, что делает реактивную мощность, получаемую от генераторов на электростанциях, наиболее дешевой. Однако работа этих машин в режиме синхронного компенсатора сопряжена с определенными затратами, возместить которые способен рынок системных услуг [2].

Под услугами по развитию систем противоаварийного управления Системным оператором в настоящее время понимается создание (модернизация, реконструкция) на объектах генерации и в электроустановках потребителей комплексов технических средств, входящих в состав централизованных систем противоаварийной автоматики энергосистемы с установленной мощностью объектов генерации не менее 8000 МВт или локальных комплексов автоматики предотвращения нарушения устойчивости на генерирующих объектах мощностью 2400 МВт и более. Создание указанных систем и комплексов направлено на повышение надежности энергосистемы в целом и не является необходимым исключительно для обеспечения работы объекта, на котором устанавливаются технические средства.

Методика расчета тарифной надбавки за оказание услуг, предоставляемых ГАЭС энергетической системе по обеспечению системной надежности, разработана на основе действующих “Методических указаний по расчету цен (тарифов) и предельных (минимальных и (или) максимальных) уровней цен (тарифов) на услуги по оперативно-диспетчерскому управлению” [3].

При расчете тарифной надбавки оцениваются расходы, не учитываемые при определении налоговой базы налога на прибыль:

- налоги и иные обязательные платежи и сборы, уплачиваемые за счет прибыли;
- на развитие производства (инвестиции);
- на выплату дивидендов и других доходов из прибыли после уплаты налогов;
- взносы в уставные (складочные) капиталы организаций;
- расходы на социальные нужды (предоставление работникам льгот, гарантий и компенсаций в соответствии с отраслевыми тарифными соглашениями);
- прочие экономически обоснованные расходы.

Размер надбавки к тарифу ГАЭС за оказание услуг по обеспечению системной надежности рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{ГАЭС}} = \frac{HBB}{\sum \mathcal{E}_{\text{потр}} + \sum \mathcal{E}_{\text{отп}} + \sum \mathcal{E}_{\text{ск}}},$$

где HBB – необходимая валовая выручка ГАЭС на оказание услуг по обеспечению системной надежности; $\sum \mathcal{E}_{\text{потр}}$ – суммарный объем потребления (покупки) электрической энергии по всем группам точек поставки потребления, зарегистрированным на оптовом рынке, определяемый как объем покупки электрической энергии на оптовом рынке (за вычетом потерь электрической энергии в электрических сетях и объемов потребления электрической энергии для удовлетворения собственных нужд электростанций); $\sum \mathcal{E}_{\text{отп}}$ – суммарный объем поставки электрической энергии; $\sum \mathcal{E}_{\text{ск}}$ – суммарный объем потребления электроэнергии в режиме синхронного компенсатора [3].

Результаты расчетов при работе ГАЭС в режимах по обеспечению системной надежности показывают, что с учетом надбавок за системные эффекты тарифы составят от 1300 до 3000 руб./МВт·ч и попадают в доверительный диапазон от 1650 до 3850 руб./МВт·ч по данным отечественного и зарубежных электроэнергетических рынков [4].

Расчет одноставочного тарифа на электроэнергию Днестровской ГАЭС с учетом всех надбавок показывает, что его значения колеблются в диапазоне 1458-1950 руб./МВт·ч и составляют 107÷143% от величины 1363 руб./МВт·ч, рассчитанной согласно действующим рекомендациям, что положительно отражается на прибыли станции и ее инвестиционной привлекательности.

Результаты расчета прибыли Днестровской ГАЭС с учетом и без учета тарифных надбавок для рационального варианта представлены на рис. 2 [4-6].

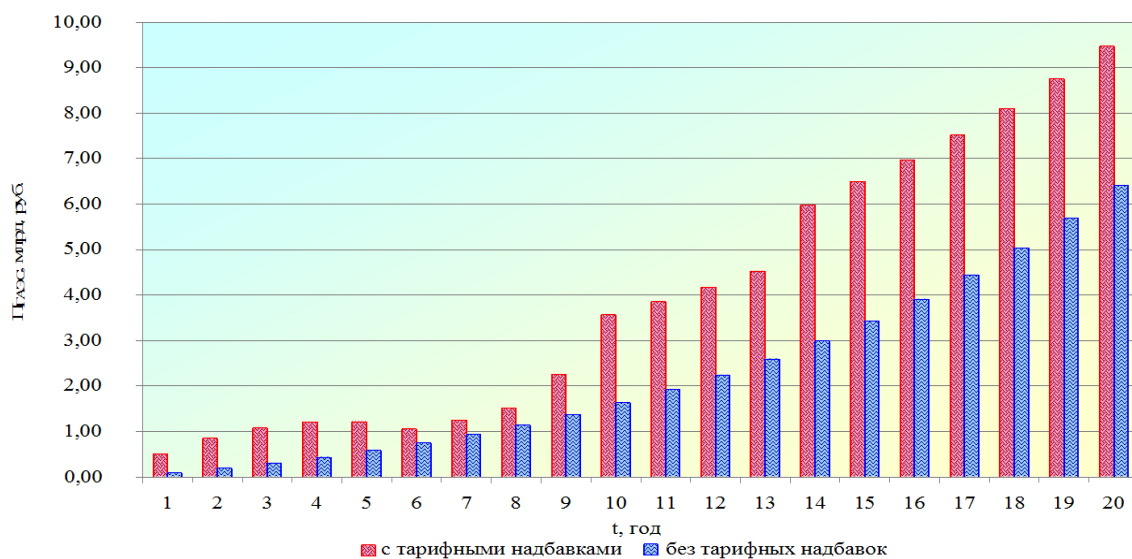


Рис. 2. Изменение прибыли ГАЭС с учетом и без учета тарифных надбавок

Таким образом, требуется разработка методических основ ценообразования в отношении ГАЭС с учетом ряда положительных эффектов, получаемых вследствие ввода этих электростанций в энергосистему, а именно: услуг по обеспечению системной надежности, экономии топлива и сокращения выбросов парниковых газов.

Введение тарифных надбавок за системные эффекты значительно улучшает показатели экономической эффективности Днестровской ГАЭС: сроки окупаемости строительства второй очереди станции уменьшаются на три года, NPV (ЧДД) увеличивается более, чем в 2,5 раза, IRR (ВНД) и PI (ИД) – в два раза.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г., Мирошникова Ю.А. Методы повышения системной и экономической эффективности гидроаккумулирующих станций // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». 2012. Т. 266. С. 99-108.
2. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г., Мирошникова Ю.А. Обоснование режимов ГАЭС в современных экономических условиях // Научно-технические ведомости СПбГПУ. СПб. Изд-во политех. ун-та. №4-(1) 183. 2013. С.120-127.
3. Приказ ФСТ РФ от 23.09.2010 №233-э/1.
4. Elistratov V.V., Kudryasheva I.G., Miroshnikova Y.A. Selection of parameters for water-storage power plants with consideration of their operating characteristics in the power system // Power Technology and Engineering. 2015. Т. 49. № 1. С. 17-21.
5. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г. Мирошникова Ю.А. Выбор режимных параметров ГАЭС с учетом особенностей их работы в энергосистеме / Гидротехнические строительство. 2014. №11. С.101-108.
6. Elistratov V., Kudryasheva I. Methodology for parameters selection and evaluation the effectiveness of decentralized energy supply systems based on renewable energy sources // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. Т. 11. № 5. С. 3509-3512.

УДК 621.31

И.В.Богун

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ WINDPRO И OPENWIND

Для того, чтобы проект ветроэлектрической станции был успешным, необходима точная оценка ветроэнергетических ресурсов и детальное понимание их пространственного распределения [1]. В настоящее время, численное моделирование ветрового потока, в сочетании с натурными метеорологическими измерениями, является предпочтительным подходом оценить это распределение.

Одним из первых этапов в разработке и оценке ветроэнергетического проекта является выбор программного обеспечения. Существует несколько программных комплексов, доступных на рынке, в том числе GL Garrad Hassan's WindFarmer, ReSoft's WindFarm, EMD International's WindPRO, and AWS Truepower's openWind [2]. Все эти программы имеют ряд общих особенностей и возможностей.

Цели работы: 1) исследование ветроэнергетических ресурсов в районе поселка Амдерма Ненецкого автономного округа в программном комплексе openWind; 2) сравнение полученных данных с результатами расчетов в программном комплексе WindPRO; 3) анализ структуры и моделей программных комплексов openWind и WindPRO для проведения исследований и расчетов экстремальных режимов работы ВЭУ средней мощности.

WindPRO является современной системой объектно-ориентированного проектирования ветроэлектрических установок (ВЭУ) и ветроэлектрических станций (ВЭС). Она точно определяет ветроэнергетический потенциал выбранной территории, рассчитывает выработку

электроэнергии, шумовую нагрузку, экономичность, экологическое воздействие на окружающую среду и т. д. Проект ветропарка состоит из ряда объектов, таких как ВЭУ, которые являются ключевыми элементами, станций мониторинга ветра, местных препятствий и др. Некоторые объекты непосредственно определяют энергию ветра, другие сосредоточены на экологических аспектах и влиянии на осуществимость проекта. Характеристики объектов в сочетании с данными о местности, таких как карты шероховатости поверхности и контурных линий уровня высот и служат в качестве основных исходных данных для расчетов энергии в WAsP, которая является интегрированной метеорологической имитационной моделью в WindPRO.

WAsP не фокусируется на расчете среднегодового потока или энергии, а ориентирована на прогнозирование характеристик потока и параметры, необходимые для определения экстремальных нагрузок на ВЭУ. Эти параметры: ускорение и отклонение (в нейтральной устойчивости, то есть высокие скорости ветра), сдвиг ветра, угол наклона потока, и интенсивность турбулентности. WindPRO используется в качестве основы для импорта всех данных в программу, а WAsP принимает решения и отвечает за данные по ветру или энергетическое моделирование и генерацию карт энергоресурсов. WAsP использует линейную модель ветрового потока для экстраполяции климатических данных в пределах региона с учетом орографии и шероховатости. Эта модель использует линейные компоненты уравнений Навье-Стокса для определения скорости ветра в различных местах [3]. Вероятность появления определенной скорости или направления ветра описывается распределением Гумбеля, также известным как распределение экстремальных значений типа I. Распределение Гумбеля является двухпараметрическим распределением с параметрами μ – положения и σ – масштабом распределения.

OpenWind является программным обеспечением по разработке и оптимизации ветроэнергетического проекта. Модель ветрового потока, используемого в OpenWind называется «WindMap» (Карта Ветров) и основана на согласованной массовой модели ветрового потока.

Модель WindMap основана на объективном анализе кода NOABL и была дополнительно улучшена, чтобы принять во внимание увеличение внутреннего пограничного слоя из-за резкого перехода в шероховатости поверхности [4]. Эта согласованная массовая модель не содержит никаких динамических уравнений. Она решает уравнения сохранения массы для генерации трехмерного ветрового потока, зависящего от рельефа местности и свободного от дивергенции. Модель WindMap инициализируется с использованием данных о ветре у поверхности и на высоте при запуске в сочетании с моделью NWP – Numerical Weather Prediction (Численное предсказание погоды) или используя данные метеорологических мачт при запуске в openWind.

Openwind содержит стандартную подпрограмму оценки вырабатываемой энергии, которая, по умолчанию, суммирует энергию, выработанную турбиной по 72 направлениям и 71 скорости ветра (0 м/с до 70 м/с с шагом в 1 м/с). Для каждого направления и скорости ветра, она вычисляет плотность воздуха для каждой ВЭУ, и вероятность появления этой скорости ветра с этого направления. Она также рассчитывает потери из-за влияния других ВЭУ и изменяет скорость ветра для каждой ВЭУ до внесения ее в кривую мощности.

Вероятность появления определенной скорости или направления ветра в программном комплексе OpenWind описывается распределением Вейбулла, также известным как распределение экстремальных значений типа III. Распределение Вейбулла является двухпараметрическим, с параметрами распределения α – формы, β – масштаба.

Стоит отметить, что интерфейс программы openWind удобнее в обращении чем WindPRO, а также проще для понимания пользователем. Также скорость выполнения расчетов в программе openWind заметно быстрее. Данное исследование может послужить базой для дальнейших исследований в области изучения ветроэнергетического потенциала и прогнозирования аварийных ситуаций в режимах работы ВЭУ. Последующее изучение данных программных комплексов позволит глубже рассмотреть их особенности, а также

преимущества и недостатки в их применении.

В работе проведен анализ моделей вероятностных оценок, использующихся в программных комплексах openWind и WindPRO, что позволит в дальнейшем выполнять расчеты экстремальных режимов работы для ВЭУ средней мощности, т.к. влияние шероховатости и рельефа оказывает наибольшее воздействие на результаты расчетов на высоте их ветроколеса.

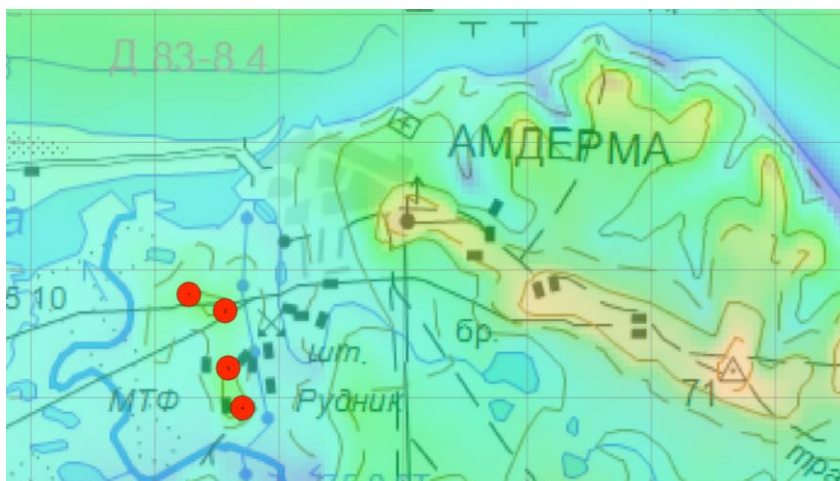


Рис. 1. Размещение ВЭС по результатам построения карты распределения ветроэнергетических ресурсов

Выполнено исследование ветроэнергетических ресурсов в районе поселка Амдерма Ненецкого автономного округа в программном комплексе openWind и произведено сравнение результатов с WindPRO. В работе рассмотрено три площадки для размещения ВЭС. Учтены потери, в том числе от взаимного влияния ВЭУ, обледенения лопастей, гистерезиса, разрушения лопастей, потерь в электросети и др.

Выводы.

1. Построена карта распределения ветроэнергетических ресурсов (рис. 1).
2. Для размещения ВЭС выбрана площадка, которая располагается в наименьшем удалении от имеющейся дизельной электростанции.
3. Выбран вариант с размещением четырех ветроэлектрических установок Ghrepower50 Arctic с суммарной выработкой 1609 МВт·ч/год.
4. Суммарные потери составили 10,34%.

Полученные данные сопоставимы с результатами программного комплекса WindPRO.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. 3-е изд., доп. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 424 с.
2. Michael C. Brower. Wind Resource Assessment. A Practical Guide to Developing a Wind Project. A John Wiley & Sons Inc. Hoboken. New Jersey, 2012. 280 p.
3. Corbett, J.F., S. Ott, and L. Landberg. The new WAsP flow model: a fast, linearized Mixed Spectral – Integration model applicable to complex terrain. Riso National Laboratory, Technical University of Denmark, Roskilde, Denmark, n. d. Web. 15 Apr 2011.
4. Sherman, C.A., (1978). A mass-consistent model for wind fields over complex terrain. Journal of Applied Meteorology, vol. 17, pp. 312-319.
5. Elistratov V., Kudryasheva I., Pilipets P. Energy efficient solutions of power supply in north regions // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725-726. Pp. 1463-1469.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОСНОВАНИЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

Преобладающей технологией освоения ветровых ресурсов является создание ветропарков, в том числе расположенных на мелководье и шельфе. Прибрежные зоны считаются наиболее перспективными местами для производства энергии, но стоимость инвестиций по сравнению с сушей выше в 1,5-2 раза. В море, на расстоянии 10-12 км от берега (а иногда и дальше), строятся оффшорные ветроэнергетические станции, для которых требуется проектировать надежные основания, которые будут выдерживать собственную нагрузку, нагрузку от воды и в зимний период нагрузку от льда [1, 5].

В настоящее время можно выделить несколько основных видов фундаментов ВЭУ, широко используемых в современном оффшорном ветроэнергетическом строительстве: гравитационные, моносвайные, конструкции типа трипод (tripod) и основания вида пространственной фермы [4].

Гравитационный фундамент – основание, состоящее из бетонного короба или стального контейнера, которое погружается на дно, где заполняется балластными камнями, бетоном или другим материалом высокой плотности (рис. 1). Практически во всех случаях гравитационные фундаменты имеют ребра для закрепления на морском дне и предотвращения движения воды под основанием. Надводная часть имеет форму песочных часов, чтобы предотвратить повреждение конструкции льдом в зимнее время.

Установка фундамента производится в несколько этапов: выемка грунта; отсыпка подушки; погружение на дно основания; заполнение балластом. С помощью дноуглубительного оборудования производится разработка морского дна. После место строительства засыпается слоем щебня, на который устанавливается короб фундамента с помощью кранов, расположенных на судне, после чего заполняется балластом. Осмотр водолазами осуществляется на каждом этапе строительства [2].

Бетонные гравитационные фундаменты имеют относительно большое основание, что приводит к высокой боковой нагрузке от движения воды, а стоимость гравитационных фундаментов растет экспоненциально с глубиной. Поэтому такой вид фундамента применяется на неглубоких участках шельфа, порядка 10-20 м. Гравитационный фундамент можно применять к различным видам дна, изменяя диаметр основания. Данный тип фундамента хорошо подходит для твердых каменистых донных осадков, а так же плотных земляных оснований и не подходит для рыхлых подвижных грунтов, так как возможен сдвиг сооружения [2, 3].

Моносвайный (monopile) фундамент состоит из одиночной металлической сваи, которая забивается или забуливается в морское дно (рис. 2). В зависимости от веса сооружения глубину заложения можно регулировать. Метод относительно прост и не требует подготовки морского дна. Моносвайный фундамент не требует защиты от размыва придонной области по сравнению с гравитационным фундаментом, так как глубина возможной эрозии может быть скомпенсирована большей глубиной врезания сваи в процессе строительных работ. Моносвайное основание используется на песчаных, глиняных, смешанных основаниях с твердым несущим слоем грунта на глубинах 20-25 м. Забивка сваи осуществляется на глубину от 10 до 40 м в зависимости от свойств дна, на которой производится строительство [2].

Моносвайное основание устанавливается на место с помощью крана и гидравлического копра. Сила, количество ударов, необходимость в бурении зависят от состава дна и диаметра основания [3].

Трипод (tripod) фундамент состоит из трех соединенных треугольником свай (рис. 3). Они закрепляются в основание грунта и имеют меньший диаметр по сравнению с односвайным фундаментом, рассчитанным на ту же нагрузку. При такой конструкции нагрузка распределяется между тремя точками крепления, тем самым повышается устойчивость сооружения.

Из-за небольших размеров свай для монтирования основания требуется менее мощное оборудование, чем для односвайного фундамента. Диаметр каждой сваи зависит от глубины заложения фундамента и веса всего сооружения, но как правило используется диаметр порядка 3-4 м. Строительство трипод может занять больше времени, чем установка моносваи. Трипод фундамент может применяться в большинстве видов грунта. Оно из главных преимуществ данного типа основания заключается в строительстве на большей глубине, чем гравитационные или односвайные фундаменты (20-40 м).

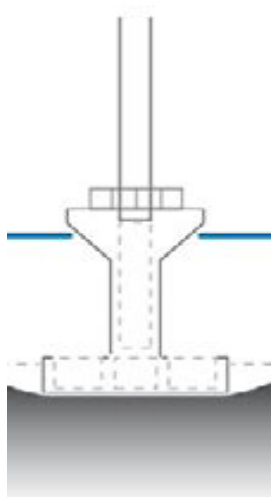


Рис. 1. Гравитационный фундамент

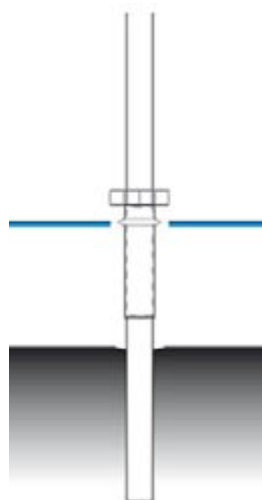


Рис. 2. Моносвайный фундамент

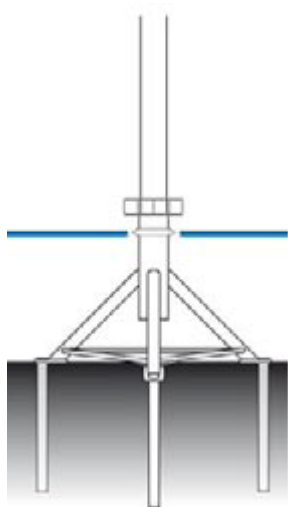


Рис. 3. Фундамент типа Трипод

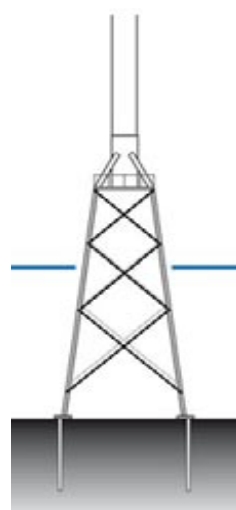


Рис. 4. Фундамент в виде пространственной фермы

Ферменное (jacked) основание состоит из прямоугольной сетки стальных стержней (фермы) прикрепленной ко дну сваями (рис. 4). Метод позаимствован у нефтяных платформ и приспособлен для больших глубин. Стержни скрепляют с помощью сварки или формованных рукавов. Защита от коррозии достигается за счет использования эпоксидной краски или краски по оцинковке. Так же как и штативный фундамент может использоваться практически во всех видах грунта. Ферменный фундамент является экономически выгодным при использовании на больших глубинах (более 20 м), так как он требует меньше стали, чем другие виды оснований. Из преимуществ так же стоит выделить отсутствие тяжелых работ по забивке свай [2, 3].

Сравнительный перечень достоинств и недостатков каждого типа фундамента приведен в табл. 1.

Таблица 1

Достоинства и недостатки оснований ВЭУ морского базирования

Вид фундамента	Достоинства	Недостатки
Гравитационный	Простая транспортировка и монтаж, один кран используется для фундамента и возведения турбины	Большой вес, применим к глубинам до 20 м, в случае металлического исполнения требуется защита от коррозии, требуется разработка морского дна, требуется защита от размыва
Моносвайный	Простой и легкий в проектировании, не нуждается в подготовке морского дна, нечувствителен к размыву	Дорогостоящий монтаж, трудное удаление сваи при демонтаже, применим к глубинам до 25 м, требует бурения морского дна
Трипод	Применим для больших глубин, не нуждается или ограниченно нуждается в подготовке морского дна, жесткий и универсальный	Дорогое строительство и монтаж, установка занимает больше времени по сравнению с другими основаниями
Ферменный	Используется практически во всех видах грунта, можно производить монтаж при глубинах до 40 м, требует меньше металла из-за ферменного исполнения, меньше боковое давление воды на основание	Требуется защита от коррозии, требуется защита от льда

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. 3-е изд., доп. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2016. 424 с.
2. Adapting offshore wind power foundations to local environment, by Linus Hammar, Sandra Andersson and Rutger Rosenberg Translation: Anna Dimming, Swedish environmental protection AGENCY, 2008 (translated 2010)
3. Deep water offshore wind technologies, Nikolaou Nikolaos, University of Strathclyde Department of Mechanical Engineering September 2004
4. 2014-2015 Offshore Wind Technologies Market Report, Aaron Smith, Tyler Stehly, and Walter Musial, National Renewable Energy Laboratory, September 2015
5. Ветроэнергетика [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>, свободный. – Загл. с экрана.

**К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА ФУНДАМЕНТА
ДЛЯ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ
В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОСТРОВА КОТЛИН**

Цель работы – определение типа фундамента ветроэлектрической станции морского базирования для эффективного восприятия волновых и ледовых нагрузок с учётом специфики гидродинамических условий Финского залива.

В связи с уменьшением количества подходящих участков для ВЭУ на суше, внимание к оффшорной ветроэнергетике возрастает. Так среднегодовой рост вводимых мощностей в секторе ВЭУ морского базирования в 2015 году превысил 2,5 ГВт (рис. 1) [1].

Ежегодный прирост установленной мощности оффшорных ВЭС на представленной диаграмме возрастает каждый год, величина прогнозируемого роста обоснована большим количеством строящихся и планируемых к введению в эксплуатацию новых ветропарков.

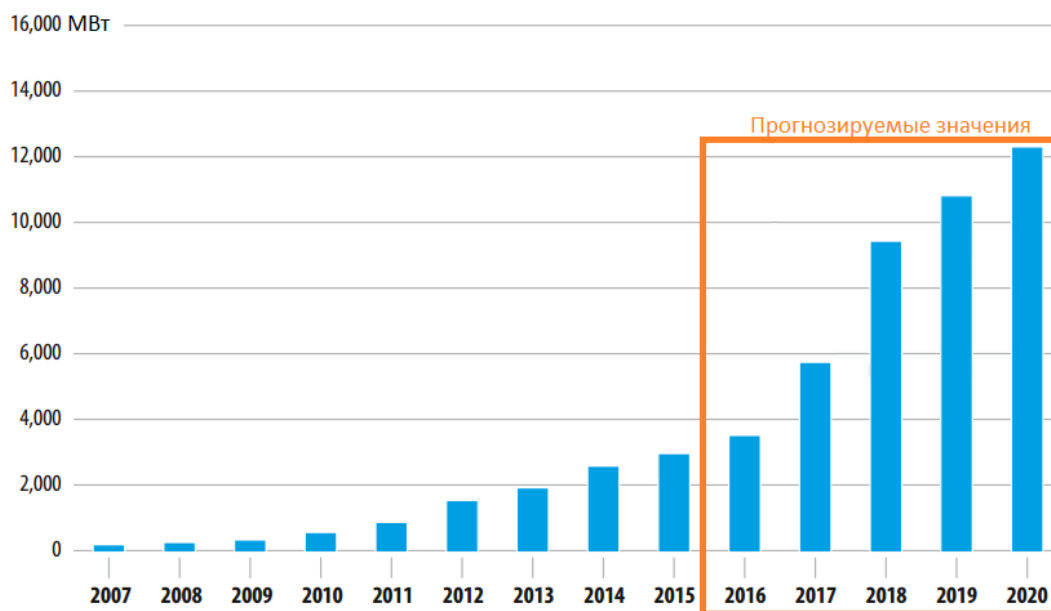


Рис. 1. Динамика прироста установленной мощности ВЭС морского базирования

Из представленного на рис. 2 сравнения величин установленной мощности легко заметить, что наибольшим (более 1200 ВЭУ) количеством ВЭС морского базирования обладает Великобритания [2].

На данный момент на территории Российской Федерации ВЭС морского базирования нет, и это, вместе с ростом интереса к ВИЭ в целом и к ВЭС в частности, делает исследования в области проектирования оффшорных ВЭС актуальными.

В работе были рассмотрены различные виды фундаментов для оффшорных ВЭС и определены основные габаритные размеры элементов ВЭУ Vestas V90 2,0 МВт. В качестве предполагаемого места строительства рассмотрена прибрежная зона острова Котлин в Финском заливе [3, 4].

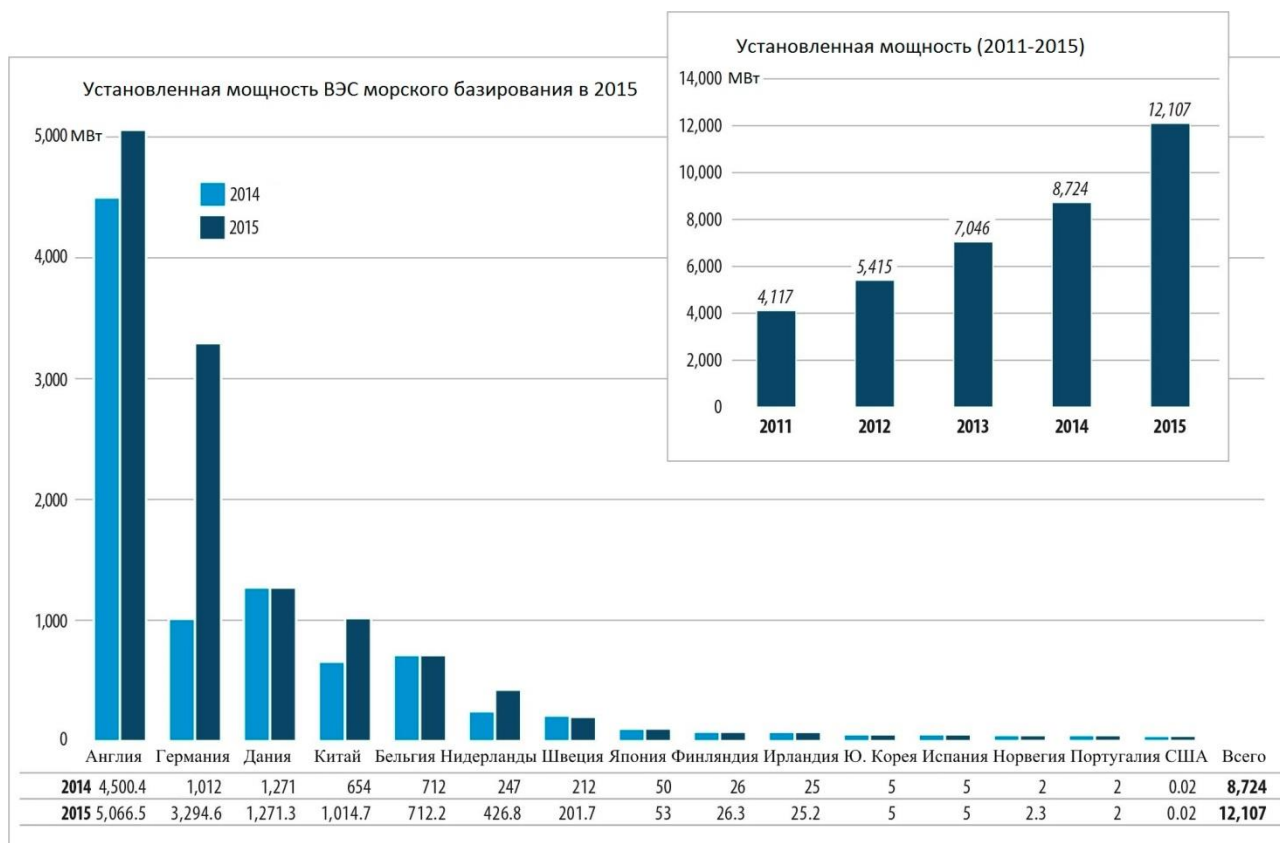


Рис. 2. Динамика прироста установленной мощности ВЭС морского базирования по странам

Были рассмотрены следующие типы оффшорных фундаментов:

- 1) пилонный;
- 2) кессонный;
- 3) трипод (tripod).

Проведённые вычисления позволили определить величину воздействия волновой нагрузки и нагрузки от движущихся полей ровного льда на вышеуказанные фундаменты [5-8]. Сравнение полученных результатов в графической форме представлено на рис. 3.

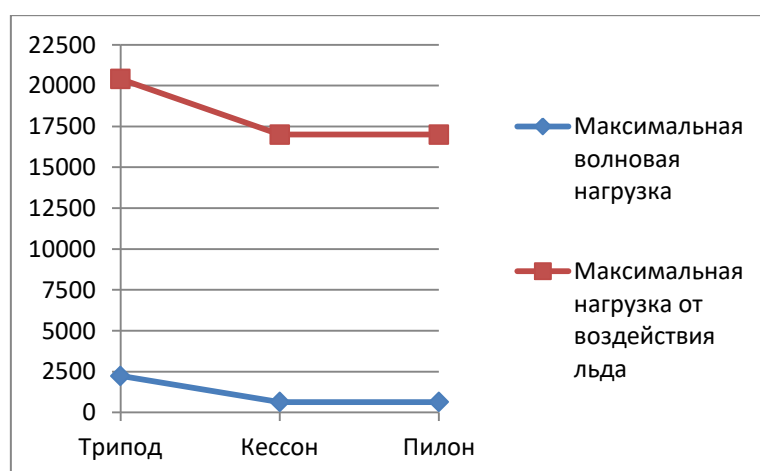


Рис. 3. Максимальные нагрузки на фундаментот воздействий волн и льда

Выводы. По причине наличия одинаковых конструктивных элементов, подвергаемых волновым и ледовым нагрузкам, можно заключить, что пилонный и кессонный фундаменты

испытывают одинаковое нагружение, в то время как аналогичные воздействия на tripod значительно выше. Данное наблюдение позволяет подтвердить вывод о перспективности использования пилонных и кессонных фундаментов на глубинах до 10 м.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Global Wind Report Annual Market Update 2015, Steve Sawyer, Klaus Rave, Global Wind Energy Council, April 2016
2. Статистические данные по оффшорным ВЭС мира [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.lorc.dk/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Карягин А.Д. Сравнительный анализ эффективности применения различных типов фундаментов для ветроэлектрической установки морского базирования. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016, с.281-283.
4. Елистратов В.В., Константинов И.А., Панфилов А.А. Нагрузки на элементы ветроэнергетической установки, на её фундамент и основание: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ. 1999. 38 с.
5. Солощук П.В. Изменение климата и ледовых условий водной системы Финский залив – Невская губа – река Нева в осенне-зимний период за последние 15 лет.
6. СП 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. 2013.
7. Думанская И.О. Типовые ледовые условия на основных судоходных трассах морей европейской части России для зим различной суровости. Гидрометеорологический научно-исследовательский Центр Российской Федерации.
8. Ледовые условия в Балтийском море [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://esimo.oceanography.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

УДК 621.311.24

А.А.Коробов, Е.П.Петровская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ОЦЕНКА МОДЕЛИ РАСЧЕТА ВЕТРОВОГО ПОТОКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА OPENWIND

Определение ветроэнергетического потенциала и прогноз производства энергии ветроэнергетических установок (ВЭУ) на местности являются на сегодняшний день одной из главных проблем в проектировании ветровых электростанций. Основной причиной существования этой проблемы в России является низкая концентрация источников достоверной информации о многолетних наблюдениях за ветровым потоком на метеорологических станциях [1, 2].

Средняя плотность распределения пунктов метеорологических наблюдений по территории России составляет 1 пункт на 10,5 тыс. км², что явно недостаточно для проведения высокоточной оценки ветроэнергетических ресурсов только лишь на основе данных метеорологических наблюдений. Для сравнения, в США 1 пункт приходится на 0,9 тыс. км², в Китае – на 2,6 тыс. км², во Франции – на 3,6 тыс. км² [3].

Поэтому в настоящее время численное моделирование ветрового потока в районе проектирования ВЭС на основе проведенных метеорологических измерений и с учетом свойств поверхности земли (рельефа и шероховатости) является необходимым условием при оценке ветроэнергетических ресурсов местности.

Существует ряд различных программных комплексов (WindPRO, Meteodyn, WindSim, OpenWind, WAsP и др.) для проведения численного моделирования ветрового потока на местности, расчета выработки той или иной ВЭУ в заданной точке.

Цель работы – изучение программного комплекса OpenWind и раскрытие основных его возможностей. Для достижения поставленной цели изучено руководство пользователя [4] и

выполнены видео-тренинги на английском языке, предоставленные в свободном доступе на сайте разработчика ПО (AWS Truepower) [5]. Изучены дополнительные материалы, которые представляют теоретическое обоснование моделирования ветрового потока в ПО Openwind [6].

Моделирование ветрового потока основано на использовании численных моделей ветрового потока. Для расчетов в тех областях, где на ветер не влияют крутые склоны, разделение потоков, конвективные потоки и другие динамические и нелинейные явления, используются линейные модели, такие как WAsP [7]. Они широко используются для прогнозирования пространственного изменения средней скорости ветра, розы ветров и других характеристик пограничного слоя атмосферы.

Openwind использует согласованную массовую модель расчета ветрового потока (Mass consistent model). Она не содержит уравнений динамики. Она основана на условии сохранения масс для имитации трехмерного, недивергентного, зависящего от формы рельефа и шероховатости воздушного потока. Модель использует данные метеорологических станций при работе в OpenWind [8].

Openwind является программным обеспечением для работы с ветроэнергетическими ресурсами, предоставляющим проектировщику различные средства и инструменты для проектирования и оптимизации ветровой электростанции. Используя интерфейс программы, пользователи могут определять наилучшее расположение турбин для максимальной выработки в заданных условиях (в зависимости от природных условий и других факторов), оценивать потери энергии, взаимодействие между расположенными в непосредственной близости ветрогенераторами и многое другое.

Основные возможности ПО Openwind:

- составление карты ветроэнергетических ресурсов на основе исходных данных (рельефа местности, шероховатости местности, многолетних данных метеостанций и т. д.);
- оптимизация расстановки определенного количества ВЭУ на заданной местности;
- хранение данных о различных типах ветровых турбин (мощности, рабочие характеристики и т. д.) и использование их в расчетах выработки ВЭУ;
- расчет выработки энергии как единичных ВЭУ, так и ветропарка, учитывая взаимное влияние рядом стоящих ВЭУ друг на друга;
- анализ затенения и шумового загрязнения местности.

Одной из ключевых особенностей Openwind является её способность расчета потерь, основанных на взаимном влиянии близкорасположенных ВЭУ. Каждая турбина отбирает часть энергии ветрового потока, проходящего через лопасти ветроколеса, создавая зону пониженной скорости ветра на протяжении некоторой дистанции за ним. По этой причине, при наличии целой сети близкорасположенных ВЭУ, практические показатели энергетической выработки этой сети могут существенно отличаться в меньшую сторону от теоретических, полученных в результате моделирования ветрового потока без учета воздействия работающей ВЭУ на скорость ветрового потока.

Для решения этой проблемы AWS Truepower разработана модель расчета, учитывающая эти потери (DAWM – Deep Array Wake Model).

Решение найдено на основе теории Стена Франдсена [9], согласно которой некоторый бесконечный массив ветроэнергетических установок можно представить как местность с достаточно высокой шероховатостью поверхности. Таким образом, эквивалентную ветропарку высоту шероховатости можно представить формулой:

$$z_{00} = h_H \exp \left(- \frac{k}{\sqrt{c_t + (k / \ln(h_H / z_0))^2}} \right),$$

где h_H – высота турбины над землей; k – коэффициент Теодора фона Кармана (около 0,4); z_0 – коэффициент шероховатости окружающего пространства между турбинами; c_t – коэффициент распределенной тяги.

В свою очередь:

$$c_t = \frac{\pi}{8s_d s_c} C_T,$$

где C_T – коэффициент тяги турбины; s_d и s_c – расстояние между турбинами в подветренном и наветренном направлениях (в диаметрах ветроколеса).

Еще одной характерной особенностью OpenWind является наличие оптимизатора – инструмент, который автоматически определяет оптимальное расположение заданного количества ВЭУ на определенной территории, учитывая данные рельефа, шероховатости, распределения ветроэнергетических ресурсов для достижения максимально возможной суммарной выработки всех ветроустановок. Программа позволяет вручную исключать из рассмотрения оптимизатора часть территории, на которой по тем или иным причинам запрещено/невозможно устанавливать ВЭУ.

Важным параметром для моделей расчета является время, затраченное на выполнение расчета. Для сравнения время расчета ветрового потока (в CPU-часах) на площадке 12×12 км по 12 направлениям при помощи разных моделей представлено в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение времени расчета различных программ			
	OpenWind	WindPro	Meteodyn WT
Модель ветрового потока	Согласованная массовая модель	Линейная модель Jackson-Hunt	Модель CFD
Основное использование	Моделирование и визуализация ветропарка	Моделирование и визуализация ветропарка	Моделирование потока, моделирование и визуализация ветропарка
Обработка метеоданных	Шкала Вейбулла	Линейная регрессия, Матрицы, шкала Вейбулла, индекс ветра	
CPU-time	< 2	48	30

С помощью программного обеспечения для моделирования ветрового потока AWS Truepower OpenWind можно с достаточной скоростью и точностью выполнить оценку ветроэнергетических ресурсов на местности, выполнить оптимальную расстановку ВЭУ определенного типа и рассчитать выработку электроэнергии, учитывая при этом взаимодействие работающих ВЭУ с ветровым потоком и, вследствие чего, возможные потери при работе ветропарка. Исходя из расстановки ВЭУ, можно оценить шумовое загрязнение и затенение.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Elistratov V., Kudryasheva I. Methodology for parameters selection and evaluation the effectiveness of decentralized energy supply systems based on renewable energy sources // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. Т. 11. № 5. С. 3509-3512.
2. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г. Разработка принципов комплексного подхода к определению эффективности ветро-дизельных энергетических комплексов автономного энергоснабжения // Электрические станции. 2015. № 10 (1011). С. 38-42.
3. Кочугова Е.А. Методы и средства гидрометеорологических наблюдений: учеб.-метод. пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2012.

4. Openwind User Manual. [Электронный ресурс]. AWS Truepower, LLC. URL: http://software.awstruepower.com/openwind/wp-content/uploads/sites/2/2014/12/Openwind_user_manual_1-6.pdf (дата обращения 10.10.2016)
5. Openwind Video Training Materials. [Электронный ресурс]. URL: <http://software.awstruepower.com/openwind/wp-content/uploads/sites/2/2014/11/OpenwindVideoTrainingMaterials.pdf> (дата обращения 10.10.2016)
6. The Openwind Deep Array Wake Model Development and Validation. [Электронный ресурс]. AWSTruepower, LLC. URL: <http://software.awstruepower.com/openwind/wp-content/uploads/sites/2/2014/11/The-Openwind-Deep-Array-Wake-Model-Development-and-Validation.pdf> (дата обращения 10.10.2016)
7. Troen, I. A High Resolution Spectral Model for Flow in Complex Terrain. Proceedings from the 9th Symposium on Turbulence and Diffusion. Roskilde, Denmark, 1990.
8. Wind Flow Model Performance. [Электронный ресурс]. AWS Truepower, LLC. URL: <http://software.awstruepower.com/openwind/wp-content/uploads/sites/2/2014/11/Wind-Flow-Model-Performance-Do-More-Sophisticated-Models-Produce-More-Accurate-Wind-Resource-Estimates.pdf> (дата обращения 10.10.2016).
9. StenTronæsFrandsen. Turbulence and Turbulence-Generated Structural Loading in Wind Turbine Clusters. Risø-R-1188(EN), Risø National Laboratory, January 2007.

УДК 621.311.24

Е.П.Петровская, А.А.Коробов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ОЗЕРНОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (КАМЧАТСКИЙ КРАЙ)

Энергетика Камчатского края изолирована от Федерального оптового рынка электрической энергии. Также ее отличает высокая стоимость привозного топлива, функционирование в сложных природно-климатических условиях (ветровые, сейсмические нагрузки), сложная транспортная доступность и как следствие высокие тарифы на тепловую и электрическую энергию. Высокий уровень стоимости на энергоресурсы, низкий уровень использования местных источников энергии и возобновляемых ресурсов, а также зависимость от привозного топлива подчеркивает актуальность исследования ветроэнергетического потенциала на территории Камчатского края [1,2].

Спрос на электроэнергию по изолированным энергоузлам региона неравномерен, что связано как с их экономическим потенциалом, так и с демографической ситуацией [3,4]. Наиболее динамичный ожидается рост в Центральном энергоузле, в связи с ожидаемым ростом промышленного производства: судоремонта, рыбопереработки, цветной металлургии, переработки сельхозпродукции, стройиндустрии и стройматериалов [5]. Распоряжением Правительства Камчатского Края от 01.08.2013 № 366-ПП проект освоения Озерновского золоторудного месторождения включён в список приоритетных объектов минерально-сырьевого комплекса Камчатского края и претендует на присвоение статуса особо значимого инвестиционного проекта Камчатского края.

Озерновское рудное поле расположено в Карагинском районе на территории Корякского автономного округа Камчатского края, в 145 км от г. Ключи и 600 км от г. Петропавловск-Камчатский, занимает площадь около 100 км². Рельеф района средне-горный с абсолютными отметками от 250 до 839 м и относительными превышениями от 50 до 600 м.

Климат района умеренно континентальный, переходный к морскому. Характеризуется продолжительной холодной зимой и прохладным коротким летом, со значительным количеством осадков. Преобладающее направление ветров зимой – северное, северо-восточное; летом – юго-западное и восточное. Растительность типична для северных горных

районов и характеризуется отчетливо выраженной вертикальной зональностью. Район практически лишен прямостоящей древесной растительности [6].

Цель работы – оценка ветроэнергетических ресурсов на заданной площадке. Для достижения поставленной цели необходимо составить карту ветроэнергетических ресурсов. Для решения этой и последующих задач будет использоваться ПО Openwind. В процессе выполнения данной задачи требуется осуществить импорт рабочих характеристик различных моделей турбин в базу данных OpenWind и ввод координат точек для размещения ВЭУ. Далее следует произвести расчет энергетической выработки всех рассматриваемых моделей ВЭУ во всех возможных точках на высоте 40 и/или 80 м (в зависимости от модели турбины).

Карта рельефа местности была получена с помощью программы Global Mapper. Был получен доступ к базам данных SRTM Worldwide Elevation Data и экспортирован нужный участок местности в формате GeoTiff (*.tif), содержащем координаты в формате UTM и данные по рельефу местности. Далее GeoTiff файл рельефа местности был импортирован в программу OpenWind.

Таблица 1

Координаты угловых точек границы площадки

Угловые точки	Северная Широта	Восточная долгота
1	57°38'30"	160°48'00"
2	57°38'30"	160°55'00"
3	57°34'00"	160°55'00"
4	57°34'00"	160°52'00"
5	57°35'30"	160°48'00"

Карта покрытия местности была получена также с помощью программы Global Mapper. Был получен доступ к базам данных GlobCoverESA 2009 и экспортирован нужный участок местности в формате GeoTiff (*.tif), содержащем координаты в формате UTM и цветовые данные о видах покрытия земной поверхности в конкретных точках. Далее GeoTiff файл рельефа местности был импортирован в программу OpenWind.

Так как *.tif файл содержит только данные о цвете в различных точках, то соответствующая тому или иному цвету шероховатость задавалась вручную, согласно классификации Global Wind Atlas [7].

Таблица 2

Информация о метеорологических станциях

Источник данных	Период наблюдений	Высота мачты	Северная Широта	Восточная долгота
CFSR	1986-2016	10 м	57°30'00"	161°00'00"
Merra	1986-2016	50 м	57°30'00"	160°40'40"

Данные многолетних наблюдений были получены путем экспорта в *.txt файл из программы WindPro. Для импорта этих данных в OpenWind необходимо было преобразовать их в соответствующий формат *.csv, данные в котором отформатированы в соответствии с руководством пользователя этой программы.

Карты ветроэнергетических ресурсов составляются в автоматическом режиме с помощью ПО OpenWind. Программа использует данные по рельефу местности, шероховатости и многолетние данные по скоростям и направлениям ветра, которые были заранее импортированы в рабочую среду.

Таблица 3

Координаты размещения ВЭУ (UTM)		
Номер ВЭУ	X	Y
1	611520	6389919
2	612241	6384359
3	608081	6386323

Энергетическая выработка была рассчитана в каждой расчетной точке для всех рассматриваемых моделей турбин (табл. 4).

Перед расчетами в базу данных ПО OpenWind были занесены рабочие характеристики и параметры всех моделей турбин.

В результате работы получены данные о выработке различных турбин в трех расчетных точках. Сравнительный анализ по выработке различных моделей турбин в разных точках приведен ниже в табл. 4.

Таблица 4

Выработка разных моделей турбин в трех точках

Модель турбины	Высота, м	Выработка с трех точек, ГВт·ч	CapacityFactor, %	Выработка, МВт·ч		
				1 точка	2 точка	3 точка
Ghrepower FD21-50	40	0,612	46,4	216,38	167,15	228,15
Ghrepower FD21-100	40	0,888	33,7	319,59	232,28	335,66
Ghrepower FD25-100	40	1,035	39,3	369,25	277,49	388,28
Komaihaltec 33-300	40	2,224	28,2	811,83	558,73	853,84
LTW 77 -40 м	40	13,371	50,7	4690,42	3743,33	4937,54
LTW 77 -80 м	80	13,626	51,7	4653,13	3912,93	5059,45
Norvento 22-100	40	1,014	38,5	363,48	267,26	383,62
Norvento 24-100	40	1,078	40,9	384,57	287,14	406,05
NPS 100C-21	40	0,845	32,1	304,52	221,10	319,51
NPS 100C-24	40	1,014	38,5	360,43	273,40	380,13

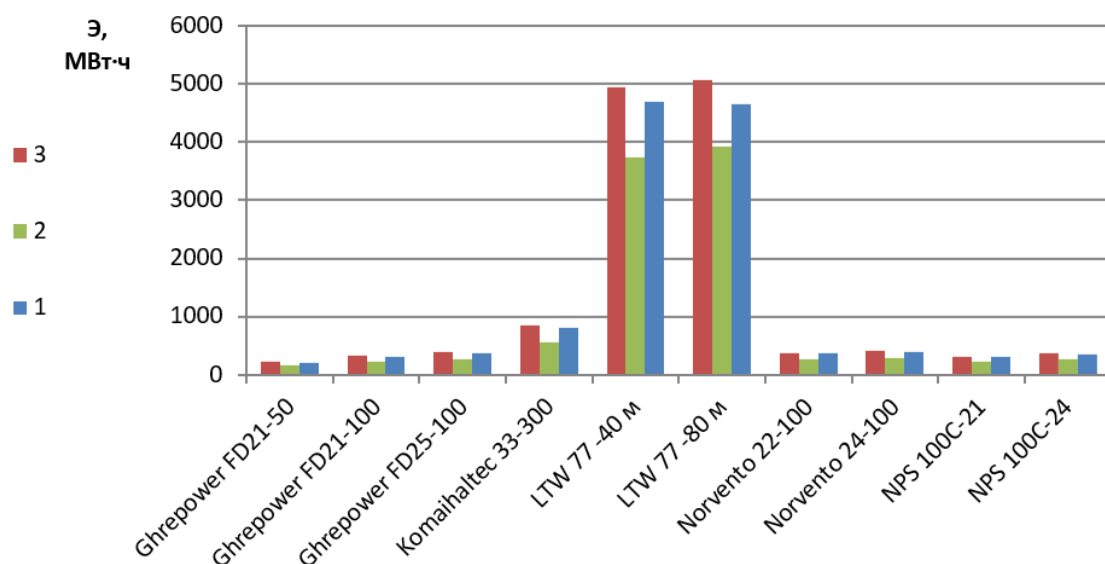


Рис. 1. График суммарной годовой выработки в МВт·ч по трём точкам

Выводы. Использование ВЭУ позволит увеличить добычу полезных ископаемых на территории Озерновского рудного поля, а также улучшить инфраструктуру разрабатываемых месторождений.

Предлагается использовать турбины LTW 77 или KomaiHaltec 33-300, так как суммарная выработка будет больше, чем при использовании других агрегатов. С учетом труднодоступности предполагаемой строительной площадки, рекомендуется выбрать маломощную турбину KomaiHaltec 33-300. Из трех точек лучшим вариантом для расположения турбины является точка 3 с координатами $X = 608081$, $Y = 6386323$.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гасникова А.А. Роль традиционной и альтернативной энергетики в регионах севера. // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Вологда: Изд-во «Институт социально-экономического развития территорий РАН», 2013. С.77-88.
2. Бутяков Н.А., Динмухаметов А.М., Ахметшин Р.С. Чистая электроэнергия на Камчатке // Молодой ученый. 2015. №4. С. 135-139.
3. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г. Разработка принципов комплексного подхода к определению эффективности ветро-дизельных энергетических комплексов автономного энергоснабжения // Электрические станции. 2015. № 10 (1011). С. 38-42.
4. Elistratov V., Kudryasheva I., Pilipets P. Energy efficient solutions of power supply in north regions // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 725-726. С. 1463-1469.
5. Развитие энергетики Камчатского края. [Электронный ресурс]. Тригенерация. URL: <http://www.combienergy.ru/stat/1047-Razvitie-energetiki-Kamchatskogo-kрая> (дата обращения 08.10.2016)
6. Озерновское рудное поле. [Электронный ресурс]. СиГМАСиГМА | Сибирский Горно-Металлургический Альянс. URL: <http://www.geosigmagold.com/> (дата обращения 08.10.2016)
7. Global Wind Atlas – Database. [Электронный ресурс]. Global Wind Atlas. URL: <http://www.globalwindatlas.com/datasets.html> (дата обращения 20.07.2016)

УДК 620.92

З.Ж.Кувайцева

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ПРИРОДНОГО ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА В ПОСЕЛКЕ ЯР-САЛЕ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Природный ветроэнергетический потенциал – это среднемноголетнее годовое значение ветровой энергии движения воздушных масс над данной территорией. Поселок и административный центр Ямальского района Яр-Сале расположен в 189 км к востоку от города Салехард на реке Малая Юмба и восточном побережье озера Ярсалинский Сор Ямало-Ненецкого АО. Поселок находится за полярным кругом, в зоне субарктической тундры. П. Яр-Сале имеет децентрализованную систему электроснабжения. Основным источником электроэнергии является дизельная электростанция. Гарантирующим поставщиком электрической энергии является акционерное общество «Ямалкоммунэнерго». Цена на электроэнергию в Яр-Сале достаточно высокая – 27,01 руб. за кВт·ч

Актуальность развития ветроэнергетики объясняется тем, что использование энергии ветра приведет к сокращению потребления невозобновляемых ресурсов нефти и газа и снижению экологической нагрузки, а также сократятся расходы на завоз топлива [1].

Целью работы является определение природного ветроэнергетического потенциала для п. Яр-Сале. Основные задачи:

- 1) определить повторяемость направлений ветра и штилей, включая класс открытости метеостанции;

- 2) определить класс открытости флюгера;
- 3) определить вероятность скорости ветра по градациям от общего числа случаев.
- 4) рассчитать ветроэнергетический потенциал.

Данные направлений ветра, штилей и скоростей ветра получены на метеостанции Ныда на высоте флюгера 12 м [2]. На рис. 1 представлена годовая повторяемость направлений ветра и штилей для п. Яр-Сале (метеостанция Ныда) за 2015 г.

Данные ветрового режима в значительной степени зависят от класса открытости. Класс открытости определяется по классификации В.Ю. Милевского и характеризует степень открытости флюгера ветровому потоку по каждому румбу направлений [3]. В табл. 1 представлен класс открытости флюгера на высоте 12 м метостанции Ныда (п. Яр-сале).

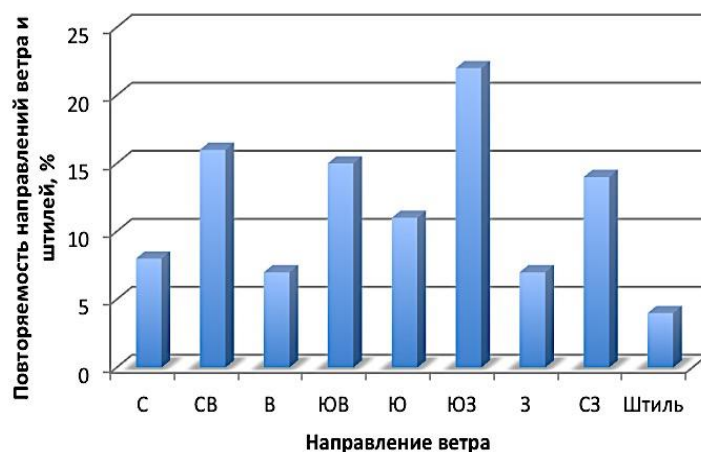


Рис. 1. Годовая повторяемость направлений ветра и штилей

Таблица 1

Класс открытости флюгера								
Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
К	9б	8б	8б	8б	8б	9б	9б	9б

Общий класс открытости станции определяется по формуле:

$$K_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^8 K_{\text{табл}} \Delta \Phi,$$

где $K_{\text{табл}}$ – табличный класс открытости по каждому румбу направлений ветра; $\Delta \Phi$ – табличное значение повторяемости ветра за год данного румба, %.

$$K_{\text{общ}} = 9 \cdot 0,08 + 8 \cdot 0,16 + 8 \cdot 0,07 + 8 \cdot 0,15 + 8 \cdot 0,11 + 9 \cdot 0,22 + 9 \cdot 0,07 + 9 \cdot 0,14 = 8,66.$$

Ветроэнергетические ресурсы определяются для условий открытой местности, на которой может предполагаться строительство ВЭУ и ВЭС, поэтому вводится поправочный коэффициент открытости [4, 5]:

$$K_0 = \sum_{i=1}^8 \frac{K_{\text{макс}}}{K_{\text{табл}}} \Delta \Phi,$$

где $K_{\text{макс}} = 9$ для районов, находящихся на открытом побережье.

$$K = \frac{9}{9} \cdot 0,08 + \frac{9}{8} \cdot 0,16 + \frac{9}{8} \cdot 0,07 + \frac{9}{8} \cdot 0,15 + \frac{9}{8} \cdot 0,11 + \frac{9}{9} \cdot 0,22 + \frac{9}{9} \cdot 0,07 + 9/9 \cdot 0,14 = 1,06.$$

Исходные данные ветрового режима для каждой метеостанции определяются на заданной высоте флюгера $h_{\text{ф}}$, на которой установлен анемометр [1]. На станции Ныда высота отклонения $h_{\text{ф}} = 12$ м.

При ветроэнергетических расчетах скорость ветра на большей высоте H (на высоте расположения ветровой турбины ВЭУ) определяется с учетом поправочного коэффициента высоты K_h по степенному закону [1]:

$$K_h = \left(\frac{H}{h_{\phi}} \right)^m,$$

где показатель степени m в общем случае зависит от скорости ветра, рельефа местности и шероховатости поверхности. При ветроэнергетических расчетах m принимают по следующей зависимости от скорости ветра [1]:

u	м/с	0-3	3,5-4	4,5-5	5,5	6-11,5	12-12,5	13-15	≥ 15
m	–	0,20	0,180	0,160	0,150	0,140	0,135	0,130	0,125

Вероятность скорости ветра по градациям – важная характеристика ветрового кадастра. Это распределение характеризует повторяемость или вероятность значений заданных скоростей ветра (градацией) в % от общего числа случаев за рассматриваемый период времени (месяц, год). В табл. 2 приведено типовое распределение для п. Яр-Сале, полученное в результате наблюдений за 2015 г.

Таблица 2

Вероятность скоростей ветра по градациям, % от общего числа случаев

Месяц	Скорость ветра, м/с									
	0	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20
Январь	3,24	14,17	26,3	22,7	20,1	5,7	6,1	1,2	0,4	0
Февраль	4,46	27,7	25,9	19,2	16,1	3,6	3,04	0	0	0
Март	1,2	10,2	15,9	19,1	28,6	9,4	9,3	3,3	2,2	0,8
Апрель	7,9	25,5	25,1	16,7	14,2	7,1	1,3	1,7	0,5	0
Май	7,0	19,4	28,9	19,8	16,9	3,3	2,2	2,1	0,4	0
Июнь	7,6	19,3	21,0	22,3	22,7	4,2	2,1	0,8	0	0
Июль	7,7	21,1	23,2	17,5	16,5	5,3	3,3	2,4	1,8	1,2
Август	9,4	21,6	27,3	19,2	14,7	4,1	2,9	0,4	0,4	0
Сентябрь	5,9	22,3	27,3	17,7	15,6	5,9	1,7	1,5	1,3	0,8
Октябрь	11,0	20,4	25,3	23,7	12,7	5,3	1,2	0,4	0	0
Ноябрь	11,3	13,5	27,5	22,2	16,7	4,2	4,2	0,4	0	0
Декабрь	10,2	37,5	18,4	14,7	14,7	1,2	3,3	0	0	0
Год	7,2	21,1	24,3	19,6	17,5	4,9	3,4	1,2	0,6	0,2

Таблица 3

Итоги расчетов по определению ветроэнергетического потенциала

$u_{гр}$	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20
u	0,50	2,50	4,50	6,5	8,5	10,5	12,5	14,5	16,5	19
K_0	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
K_h	1,33	1,33	1,26	1,22	1,22	1,22	1,21	1,2	1,19	1,19
$u_{пр} = uK_0K_h$	0,71	3,52	6,01	8,41	10,99	13,58	16,03	18,44	20,81	23,97
dF	0,072	0,211	0,243	0,196	0,175	0,049	0,034	0,012	0,006	0,002
$u_{пр}^3 dF$	0,03	9,2	52,8	116,4	232,4	122,7	140,1	75,3	54,1	27,5

Природные ветроэнергетические ресурсы (ветроэнергетический потенциал) определяется как среднегодовая удельная мощность ветрового потока, Вт/м² [1],

$$N_e = \frac{\mathcal{E}_{год.уд.}}{T_{год.}},$$

где $T_{год} = 8760$ ч – число часов в году; $\mathcal{E}_{год.уд.}$ – удельная годовая энергия ветрового потока, Вт·ч.

Зная годовое распределение скорости ветра по градациям (табл. 2), можно определить энергию каждой градации $\Delta\mathcal{E}_{\text{гр}}$ и операцией дискретного суммирования получить $\mathcal{E}_{\text{год.уд.}}$, Вт·ч:

$$\mathcal{E}_{\text{год.уд.}} = \sum_0^{u_{\text{макс}}} \Delta\mathcal{E}_{\text{гр}} = \sum_0^{u_{\text{макс}}} N(\Delta t_{\text{гр}}) = \sum_0^{u_{\text{макс}}} \frac{1}{2} \rho u^3 (T_{\text{год}} dF) = \frac{1}{2} \rho T_{\text{год}} \sum_0^{u_{\text{макс}}} u^3 dF = 0,613 \cdot \\ \cdot 8760 \sum_0^{u_{\text{макс}}} u^3 dF.$$

Тогда:

$$N_e = 0,613 \sum_0^{u_{\text{макс}}} u^3 dF; \\ N_e = 509,1 \text{ Вт/м}^2.$$

Выводы. Для определения природного ветроэнергетического потенциала были решены поставленные задачи, а именно определение повторяемости направлений ветра и штилей, класса открытости флюгера на высоте 12 м и вероятности скорости ветра по градациям от общего числа случаев. На основе полученных результатов рассчитана среднегодовая удельная мощность ветрового потока за 2015 г., она составляет 509,1 Вт/м², что делает поселок высокопотенциальной зоной для строительства и ввода в эксплуатацию ветродизельной электростанции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Elistratov V., Kudryasheva I., Pilipets P. Energy efficient solutions of power supply in north regions // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725-726. Pp. 1463-1469.
2. Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ч. 1. Определение ветроэнергетических ресурсов региона. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. 58 с.
3. URL:<http://rp5.ru/архивы> (дата обращения 07.10.2016 г.).
4. Справочник по климату СССР. Ч III. Ветер. Л.: Гидрометеиздат, 1996. 191 с.
5. Безруких П.П. Ветроэнергетика. М.: ИД «Энергия», 2010. 320 с.

УДК 620.98

В.М.Петров

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ФАСАДНО-ИНТЕГРИРОВАННЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ В РЕАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

На фоне динамичного развития солнечной фотоэнергетики и концепции энергоэффективности зданий и сооружений одной из основных тенденций в мировых строительной и архитектурной практиках является использования солнечных фотоэлектрических установок (СФЭУ) для частичного обеспечения электроэнергией зданий в границах городской застройки [1]. Предельно достижимый уровень энергоэффективности напрямую зависит от природно-климатических характеристик региона, для которого здание проектируется, и от возможности использования тех или иных природных ресурсов. Кроме того, в момент превышения мощности СФЭУ над потреблением здания избыток мощности СФЭУ могут передавать в централизованную сеть электроснабжения, реализуя концепцию распределенной энергетики, которая считается наиболее перспективным направлением развития мировой энергетики [2]. Функции фасадно-интегрированных солнечных фотоэлектрических установок (ФИСФЭУ) не ограничиваются генерацией электроэнергии, так как их модули компенсируют все строительные функции заменяемого элемента, что позволяет, добиться более высокой экономической эффективности за счет экономии на традиционных строительных материалах [3]. К данным модулям предъявляются дополнительные требования по механической прочности, надежности, теплоизоляции, звукоизоляции, пожаробезопасности и т. д.

Одной из задач диссертационного исследования является разработка алгоритма оптимизации состава оборудования и параметров ФИСФЭУ (рис. 1). В результате работы алгоритма будет производиться расчет технических параметров и характеристик ФИСФЭУ и расчет показателей экономической эффективности проекта. Критерием оптимизации выступает комплекс показателей, определяющих экономическую эффективность проекта. Целью данной работы является расчет значений мощности фотоэлектрических модулей (ФЭМ) в почасовом разрешении с учетом реальных климатических условий эксплуатации.

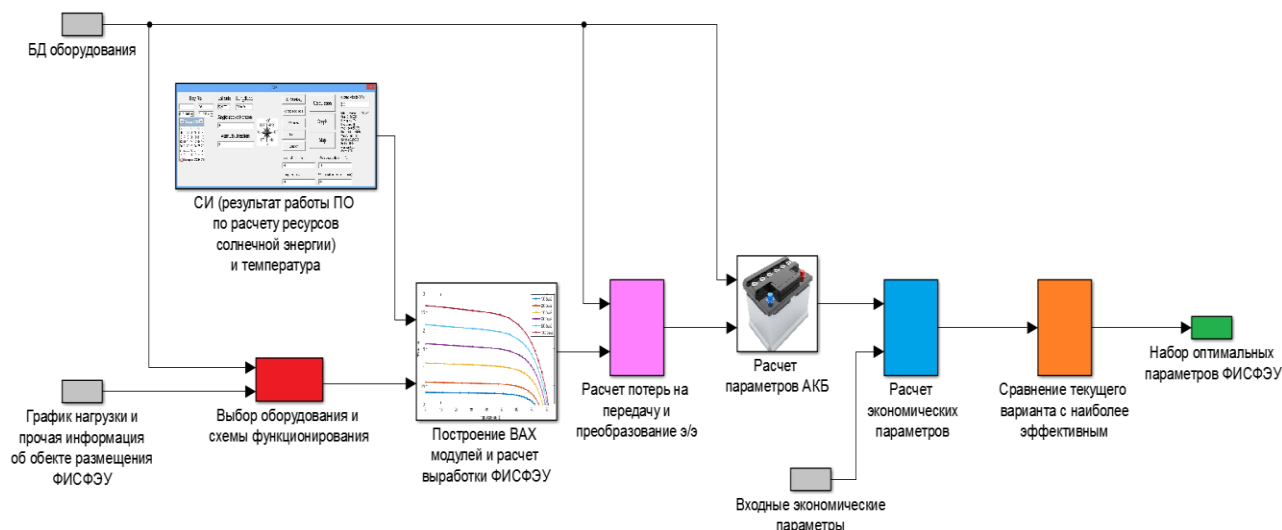


Рис. 1. Общая схема алгоритма в программе MATLAB Simulink

Мощность ФИСФЭУ зависит от следующих параметров:

$$W_{\text{СФЭУ}} = f(E(t) \cdot S_{\text{СФЭУ}} \cdot \eta_{\text{ФЭМ}}(t) \cdot \eta_{\text{инв}}(t)),$$

где $E(t)$ – плотность мощности СИ, $\eta_{\text{фэм}}$ – КПД ФЭМ, который зависит от плотности мощности СИ и температуры ФЭМ, также определяется в каждый час расчетного периода по семейству вольт-амперных характеристик (ВАХ) ФЭМ, $\eta_{\text{инв}}$ – КПД инвертора, который зависит от мощности ФЭМ. Расчет почасовых значений мощности производится исходя из условий эксплуатации (температура, СИ). В каждый расчетный час на основе однодиодной модели, описанной в [4-6] строится вольт-амперная характеристика (ВАХ) солнечного элемента (СЭ), по которой находится точка максимальной мощности. Уравнение ВАХ имеет вид:

$$i_n = i_\phi - i_0 \cdot \left[\exp \frac{q(u_n + i_n \cdot r_n)}{A \cdot k \cdot T} - 1 \right],$$

где i_n – ток нагрузки; u_n – напряжение на нагрузке; i_0 – обратный ток насыщения; A – параметр ВАХ СЭ; q – заряд электрона; k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура СЭ; r_n – последовательное сопротивление. Для ФЭМ, состоящего из N_s идентичных СЭ, соединенных последовательно, ток модуля I_m не изменится, а напряжение вырастет в N_s раз. В случае параллельного соединения ток вырастает в N_s раз, а напряжение не изменяется. Данная модель позволяет производить расчет мощности ФЭМ для случаев частичного затенения ФЭМ.

Модель ФЭМ была реализована в программе MATLAB Simulink. Примеры построенных ВАХ ФЭМ Pramac P7L 125 W (аналог XEBEL P-125) при 0°C и 50°C и различных значениях удельной мощности СИ представлены на рис. 2 и 3.

При удельной мощности СИ 1000 Вт/м² и изменении температуры с 0 °C на 50 °C, мощность модуля в точке максимальной мощности изменяется на 10% (с 131,2 Вт до 118 Вт).

Дальнейший расчет выработки ФЭМ и потерь на преобразование и передачу электроэнергии производится в предположении, что мощность, ФЭМ в течение часа остается постоянной.

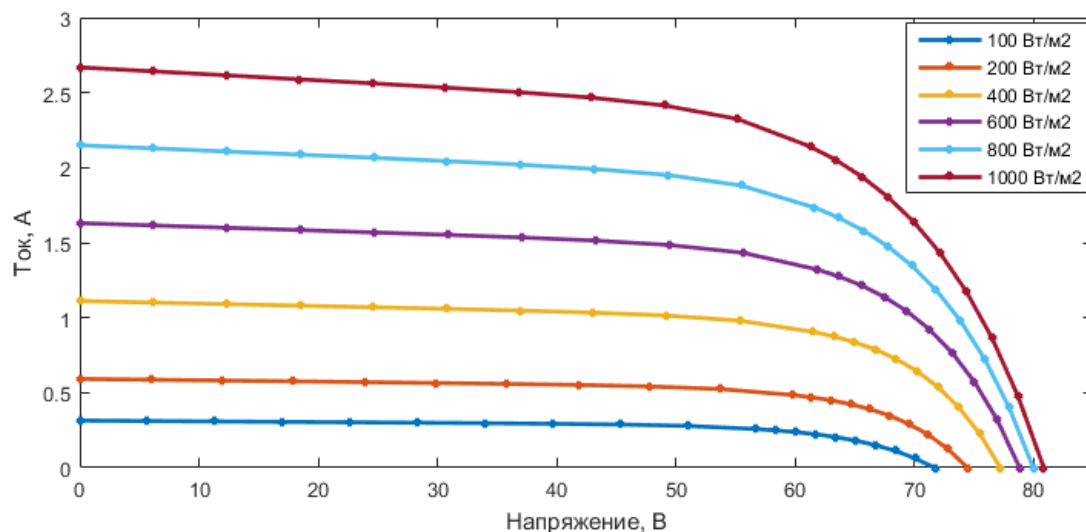


Рис. 2. ВАХ ФЭМ Pramac P7L 125 W при температуре модуля 0 °C и различной мощности СИ

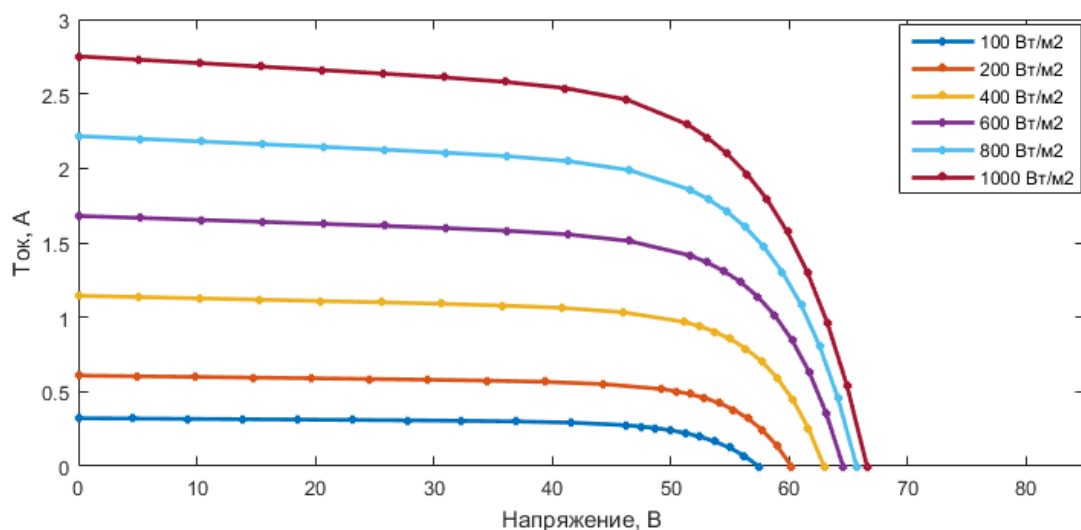


Рис. 3. ВАХ ФЭМ Pramac P7L 125 W при температуре модуля 50 °C и различной мощности СИ

В программе MATLAB Simulink был реализован алгоритм расчета почасовых значений мощности ФЭМ с учетом реальных температурных условий эксплуатации. Результат данной работы будет использован в дальнейших исследованиях и будет включен в алгоритм оптимизации состава оборудования и параметров ФИСФЭУ. Также для ФЭМ Pramac P7L показано, что мощность модуля в точке максимальной мощности изменяется на 10% при изменении температуры с 0 °C на 50 °C ($E=1000 \text{ Вт/м}^2$).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Изд-во «Наука», изд. 2-е доп. 2013. 308 с.
2. Петров В.М. Оценка поступления солнечной энергии на поверхности активных фасадно-интегрированных солнечных систем электроснабжения // Альтернативная энергетика и экология, 2014, 11(151), с. 85-91.

3. Elistratov V., Petrov V. Active building-integrated solar systems for independent energy supply of buildings, *Journal of Applied Engineering Science*, 2014, 3(12), pp.233-242.
4. Humada A.M, Hojabri M, Mohamed M.B., Sulaiman B, Herwan M, Dakheel TH. A proposed method of photovoltaic solar array configuration under different partial shadow conditions. *Advanced Material Review*, 2014; 983, pp. 307-311.
5. Garrido-Alzar C. Algorithm for extraction of solar cell parameters from I–V curve using double exponential model. *Renew Energy*, 1997, 10, pp. 125-128.
6. Chenni R, Makhlouf M, Kerbache T, Bouzid A. A detailed modeling method for photovoltaic cells. *Energy*, 2007, 32. pp. 1724-1730.

УДК 620.91

М.А.Любимов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА СЭС-ВЭС В НОЦ «ВИЭ»

Энергокомплекс СЭС-ВЭС, разрабатываемый в НОЦ «ВИЭ» (рис. 1), ориентирован на то, чтобы интегрировать энергию природных источников в работу лаборатории. Потенциально такой вид комбинированного использования природных ресурсов способен круглосуточно обеспечивать пользователя полезной энергией [1]. Энергетическая эффективность работы подобной установки может быть корректно обоснована при учете характера и величины прихода ресурса ВИЭ [2]. Данная установка может оказать положительное влияние на исследования в области автономного энергообеспечения на основе возобновляемой энергетики в Северо-Западном регионе.

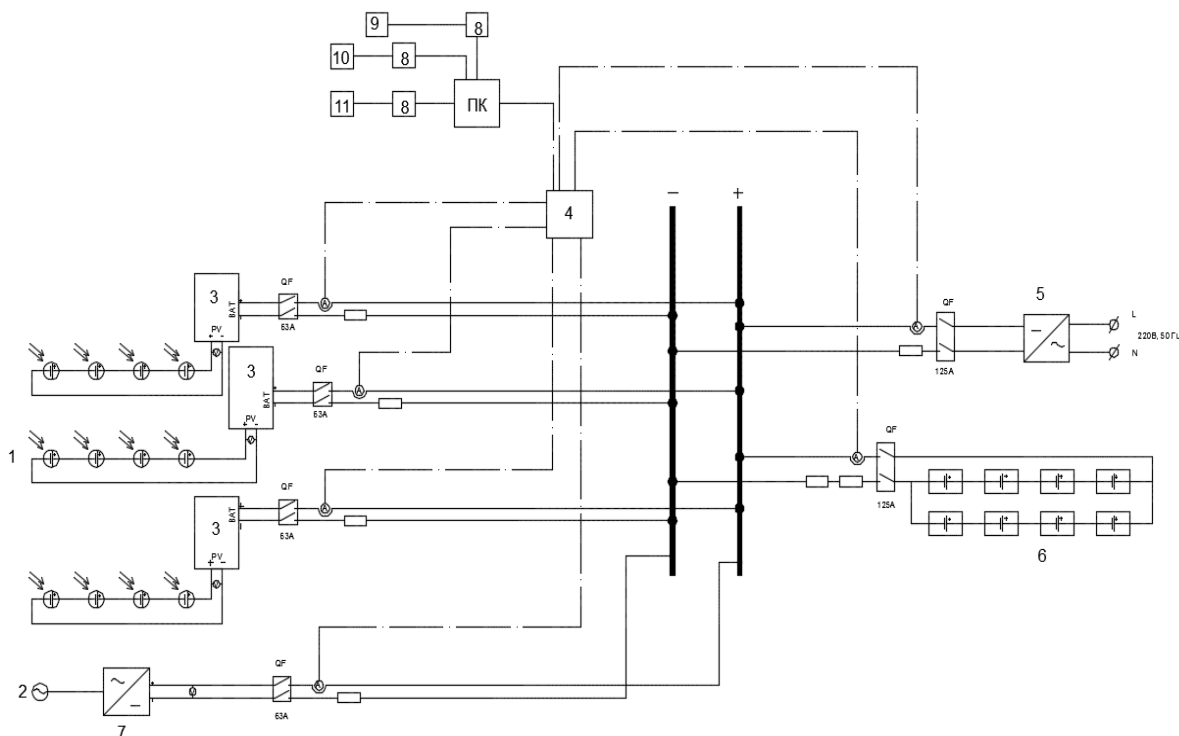


Рис. 2. Схема энергокомплекса НОЦ «ВИЭ»

Степень участия электроустановок возобновляемой энергетики в электрификации объекта зависит от энергетического потенциала ВИЭ и его изменения во времени, и потребностей объекта в мощности и энергии. В зависимости от этих и других факторов выбирается состав и структура энергетического комплекса [3].

Энергия солнечного излучения, поступившего на панели, при среднесуточной плотности излучения $2,03 \text{ кВт/м}^2$ без учета потерь на затенение составила:

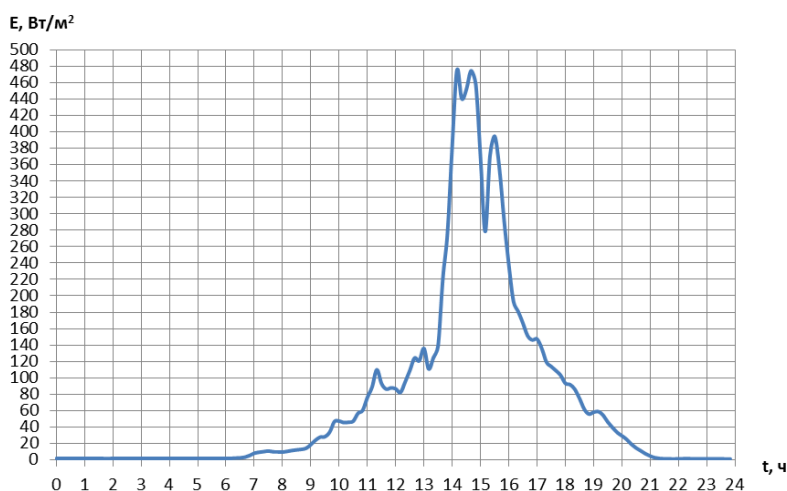
$$W_{PV} = \sum E_{\perp} \cdot \Delta t \cdot S \cdot n = 2,03 \cdot 1,20 \cdot 12 = 29,16 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$


Рис. 3. Распределение солнечной радиации за 15.04.13

Для определения энергии, которая могла быть передана в сеть, необходимо учесть КПД панелей и инвертора: $W_{PV \text{ в ы х}} = W_{PV} \cdot \eta_{PV} \cdot \eta_{inv} = 29,16 \cdot 0,125 \cdot 0,96 = 3,50 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$

Данные о скорости ветра поступают с метеостанции Vaisala WXT520. Измерения ведутся с периодичностью в секунду. Так как невозможно предсказать скорость ветра в каждую последующую минуту, необходимо осреднить полученные данные [5]. Осредняем данные по 10 минутам. Используя кривую мощности из технического паспорта ВЭУ «Ветросвет-2000», интерполируем скорости ветра в мощность на зажимах ветрогенератора. График мощностей, вырабатываемых на зажимах генератора ВЭУ в течение дня, представлен на рис. 3. Максимальная осредненная скорость за 10 минут в течение периода наблюдений составила $6,07 \text{ м/с}$. Этой скорости на характеристике соответствует мощность $240,35 \text{ Вт}$. Учитывая потери в инверторе, можно сказать, что в этот промежуток времени в сеть могло поступить $W = P_{ВЭУ} \cdot \Delta t \cdot \eta_{inv} = 240,35 \cdot \frac{1}{6} \cdot 0,95 = 38,06 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$

Всего за день выработано $591,31 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$. Вычислим сколько энергии могло поступить в сеть за счет энергии ветра: $W_{ВЭУ \text{ в ы х}} = \sum (P_{ВЭУ} \cdot \Delta t) \cdot \eta_{inv} = 591,31 \cdot 0,95 = 561,75 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$

Суммарная энергия, которая могла быть обработана энергокомплексом СЭС-ВЭС в этот день, составила: $W_{\text{в ы х}} = W_{PV \text{ в ы х}} + W_{ВЭУ \text{ в ы х}} = 561,75 + 3500 = 4061,75 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$

Суммарно в этот день энергокомплексом СЭС-ВЭС НОЦ «ВИЭ» могло быть обработано $4,06 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. Данной энергии достаточно для заряда всех восьми аккумуляторов и бесперебойного энергообеспечения лаборатории (освещение; 3 компьютера).

Целью дальнейших исследований является годовой прогноз выработки полезной электроэнергии, с уточнением натурных измерений, на основе которых можно будет сделать вывод о реальных условиях эксплуатации. По итогам работы можно будет сделать вывод, для каких потребителей целесообразно внедрение автономного энергокомплекса СЭС-ВЭС в условиях Северо-Запада.

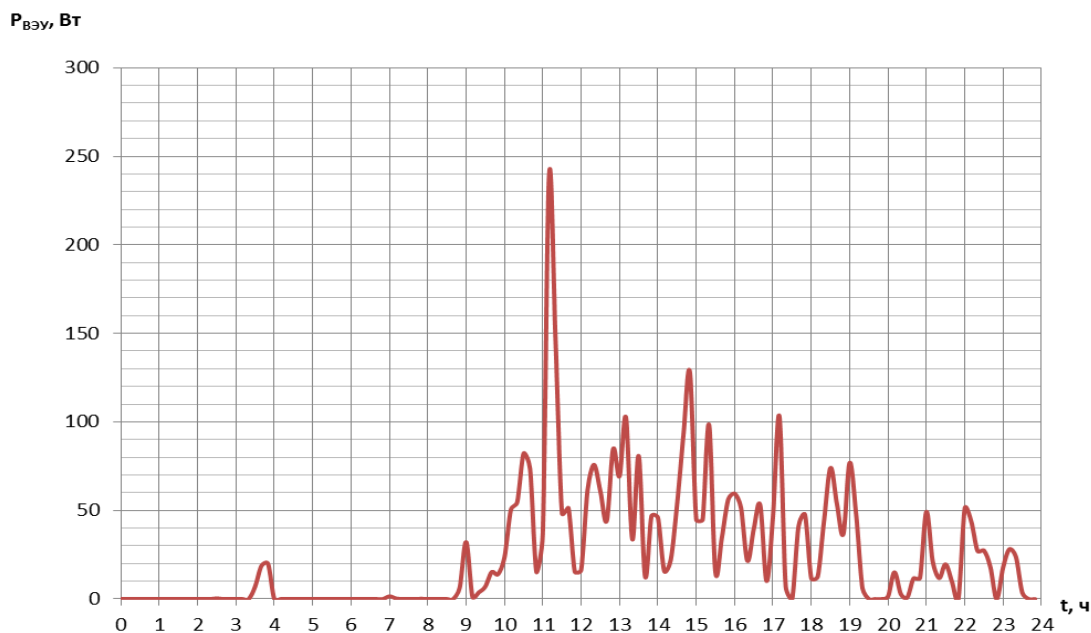


Рис. 4. Распределение мощности, вырабатываемой на генераторе ВЭУ в течение 15.04.13

ЛИТЕРАТУРА:

1. Hiba Faisal Mubarak, Hybrid wind-solar electric power system (Bachelor thesis). University of Khartoum, 2013.
2. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. Изд. 2-е доп. СПб.: Наука, 2013. 308 с.
3. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. 128с.
4. Елистратов В.В., Аронова Е.С. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения: учеб. пособие. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.-164с.
5. Елистратов В.В., Панфилов А.А. Проектирование и эксплуатация установок нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ветроэнергетические установки: учеб. пособие. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.-115 с.

УДК 626.01

А.Р.Лосева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ КИРГИЗИИ

Энергетическая система Киргизии является составной частью объединенной энергосистемы Средней Азии, интегрированной с электросетями Таджикистана, Узбекистана, Туркменистана и Южного Казахстана.

Цель работы – проанализировать перспективы развития гидроэнергетических объектов Киргизии.

Республика Киргизия обладает третьим по величине среди стран СНГ гидропотенциалом, оцениваемым в 142 млрд. кВт·ч и используемым не более, чем на 10% [1].

Верхне-Нарынский каскад ГЭС проектируется в зоне действия Киргизской энергосистемы, которая включает в себя две районные энергосистемы: Северную и Южную – Киргизскую. Специфической особенностью развития энергосистемы республики является относительная изолированность работы этих районных энергосистем, а также других отдельных мелких

энергоузлов, которые имеют электрическую связь друг с другом только через магистральные сети других республик, входящих в ОЭС Средней Азии. Рабочая мощность электростанций с учетом состояния оборудования, запасов топлива на ТЭС и воды оценивается в 3133 МВт. Отчетные данные по электропотреблению, максимальным нагрузкам и рабочей мощности генерации Киргизской энергосистемы с 2001 по 2012 г. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Электропотребление, максимальные нагрузки и мощность генерации

Годы	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Электроэнергия, млрд. кВт·ч	11,86	12,23	12,06	12,45	11,2	10,05	10,50	12,37	13,41
Прирост, %	0,9	3,1	-1,4	3,2	-9,7	-10,6	4,5	17,8	8,4
Максимальная нагрузка, МВт	2657	2861	2915	2873	2991	2324	2533	2936	3035
Прирост, %	0,72	7,67	1,89	-1,40	4,11	-22,30	9,00	15,90	3,40
Мощность генерации, МВт	3065	3143	3143	3179	3051	2879	3061	3130	3264

Наиболее значительное падение электропотребления (-10,6%) и максимальной нагрузки (-22,3%) произошли в 2009 г., наиболее значительный рост электропотребления (17,8 %) и максимальной нагрузки (15,9%) – в 2011 г. Из данных таблицы видно, что энергопотребление увеличивается со временем. Структура электропотребления за 2011 г. приведена на рис. 1. Наиболее крупными потребителями электроэнергии в Киргизии являются: промышленность, сельское хозяйство и социальная сфера.

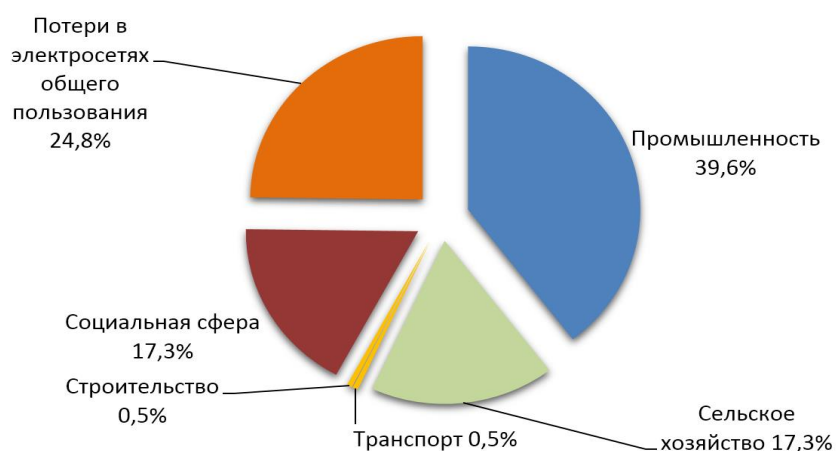


Рис. 1. Структура энергопотребления Киргизии в 2011 г.

Большую долю в структуре электропотребления составляют потери электроэнергии. Основные причины потерь электроэнергии: перегруз сетей, отсутствие или некорректность работы приборов учета, неполнота учета потребителей электроэнергии, кражи электроэнергии.

Выработка электроэнергии на электростанциях Киргизской энергосистемы в 2011 г. составила 14957,2 млн. кВт·ч. На ГЭС произведено 94%, на ТЭЦ 6% от всей электроэнергии [2].

Вследствие обмеления рек из-за быстрого таяния ледников Киргизия второй год подряд импортирует электроэнергию из Казахстана. Причиной, обусловившей импорт электроэнергии, является изношенное и выработавшее свой ресурс оборудование на действующих ГЭС. Кроме того, энергодефицит также вызван ростом потребления энергии,

связанным с развитием экономики страны. При базовом сценарии развития экономики (при росте спроса на 5% в год) ежегодный рост энергопотребления прогнозируется в размере 1,5-2 млрд. кВт·ч в год. Таким образом, ежегодный объем вновь вводимых мощностей должен составить минимум 170-200 МВт. Рост потребления электроэнергии в стране в последние годы также связан и со спадом потребления природного газа, цены на который увеличились более чем в шесть раз. Энергодефицит в республике составляет порядка 2,3 млрд. кВт·ч/год.

Энергетика Киргизстана имеет выраженный сезонный спрос на электроэнергию. В теплое время года потребление составляет 22-23 млн. кВт·ч/сутки, в отопительный период этот показатель достигает 70 млн. кВт·ч/сутки. В результате генерирующие мощности, необходимые для обеспечения надежного электроснабжения в зимнее время, летом будут загружены лишь на треть. Для решения сложившейся ситуации необходима организация экспорта электроэнергии в летний период на рынки, где на электроэнергию в это время существует спрос. С этой целью ведется работа по строительству системы высоковольтных линий электропередач с Таджикистаном, Афганистаном и Пакистаном с целью поставки электроэнергии в теплое время. Низкие тарифы на электроэнергию, не учитывающие реальные рыночные затраты на производство, передачу, распределение электроэнергии, поддержание в нормативном состоянии оборудования и другие сопутствующие затраты приводят к убыточности передающей и генерирующей энергокомпаний. Кроме того, низкие тарифы не устраивают инвесторов, из-за значительных сроков окупаемости.

Учитывая важность развития энергетики, между Правительством Российской Федерации и Правительством Кыргызской Республики было заключено соглашение о строительстве и последующей эксплуатации Верхне-Нарынского каскада гидроэлектростанций [3]. Каскад включает четыре станции Акбулунскую ГЭС мощностью 80 МВт и три Нарынских ГЭС мощностью 46, 46,3, 54 МВт соответственно [4]. На всех ГЭС используется плотинно-деривационный способ создания напора. Строительство Верхне-Нарынского каскада позволит Киргизии вновь вернуться на рынок в роли экспортера электроэнергии, что повысит безопасность и уменьшит аварийные риски отключения энергии на существующих станциях [5].

Выводы: в настоящее время Республика Киргизия находится в состоянии кризиса, его причины – маловодье, отсутствие инвестиций, политики энергосбережения, постоянный рост цен на импортируемые органические энергоносители (нефть, газ, уголь), низкие тарифы на электроэнергию, неэффективное управление энергокомпаниями, большие потери в энергосетях.

Стратегия развития энергетики республики ориентирована на ввод новых мощностей ГЭС, модернизацию существующего электрооборудования, разработку новой тарифной политики.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Информационный обзор «Единая энергетическая система России: промежуточные итоги» (оперативные данные) Февраль 2016 года, Системный оператор Единой энергетической системы, Москва.
2. Постановление Правительства Республики Дагестан от 13 декабря 2013 г. № 667 «Об утверждении государственной программы Республики Дагестан «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Республике Дагестан» на 2014 – 2020 годы».
3. Постановление Правительства Республики Дагестан от 22 декабря 2014 г. № 657 «Об утверждении государственной программы Республики Дагестан "Охрана окружающей среды в Республике Дагестан" на 2015 – 2020 годы».
4. Сайт РусГидро, Верхне-Нарынский каскад ГЭС. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://blog.rushydro.ru/?p=7445>. Загл. с экрана.
5. Кудряшева И.Г., Шевчик Е.А. Анализ участия ГЭС в оптимизации экспорта электроэнергии из России в страны северной Европы // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2014. № 11 (151). С. 101-108.

ИНВЕСТИЦИОННОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

В условиях возрастающего спроса на энергоресурсы и роста тарифов на них, а также ухудшения экологической ситуации, сокращения запасов нефти, угля и газа особое значение для нашего государства и для мирового сообщества приобретают вопросы энергосбережения и поиска новых альтернативных источников энергии.

Биогаз – газовая смесь, которая обычно содержит 40-70% метана, 30-60% двуокиси углерода и очень малых концентраций соединений серы. Биогаз является ценным, возобновляемым источником энергии, который используется для производства тепла и электроэнергии. Биогаз образуется, когда органический материал разлагается с помощью микроорганизмов в анаэробных условиях.

Использование биогазовых технологий для получения энергии имеет следующие преимущества: способность к накоплению энергии для использования ее в любое время, возобновляемость, относительная дешевизна и экологическая безопасность, короткий срок проектирования и строительства биогазовых установок, повышение надежности энергоснабжения, повышение эффективности использования топлива и утилизация отходов [3].

Наибольшую часть всех отходов сельского хозяйства производит животноводство. В России функционирует более 1800 крупных животноводческих предприятий. Объем отходов сельского хозяйства превышает 700 млн. т в год. Размещение отходов сельского хозяйства приводит к загрязнению почв патогенами, антибиотиками и др. опасными веществами. Хранение отходов с/х сопровождается выделением парниковых газов, в частности метана [4].

Переработка сельскохозяйственных отходов на биогазовых установках позволяет обеспечить хозяйство биогазом и высокоэффективными органическими биоудобрениями, применение которых повышает продуктивность почвы [1].

Цель работы – инвестиционное обоснование строительства биогазовой установки (БГУ).

В работе для расчета биогазовой установки прежде всего были определены: температура брожения; продолжительность брожения; режим работы метантенка; перемешивание биомассы; технология загрузки биомассы и её подогрев.

В работе был выбран мезофильный процесс брожения, таким образом, необходимо удерживать температуру в метантенке $+37^{\circ}\text{C}$, допустимые изменения температуры составляют $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Продолжительность процесса брожения – 15 суток. Способ подачи биомассы – установкой закрытого типа с дозированной подачей, подогрев биомассы осуществляется водяным теплообменником, расположенным внутри метантенка, трубы которого выполнены из металла.

За основу была взята технологическая схема работы БГУ, представленная на рис. 1. Установка состоит из вертикально расположенной емкости из железобетона, имеет два открытых резервуара для хранения остатков переброженной массы, выполненных в виде прямоугольных баков из железобетона. Все твердые компоненты взвешиваются в дозаторе. Сыпучий материал поступает через две расположенные в продольном направлении резервуара дробилки в смонтированный также в продольном направлении и по горизонтали шнек. Смесь субстрата подается в ферментер по наклонному шнековому транспортеру и уплотнительному шнеку шесть раз в день. Свиной навоз закачивается в ферментер два раза в день из емкости для гидросмеси с помощью погружного центробежного электронасоса. Для перемешивания массы в ферментере используется перемешивающее устройство с

удлиненными осями, а также перемешивающее устройство с погружным двигателем. Нагрев субстрата производится с помощью теплообменника, в котором циркулирует горячая вода (без смешивания с органическим материалом). Теплообменник расположен внутри реактора, выполненный из металла. Для промежуточного хранения вырабатываемого биогаза в ферментере служит пространство под воздухоопорным двойным пленочным покрытием. Обессеривание осуществляется биологическим способом путем подачи воздуха в верхней части ферментера. На рис. 1 в качестве примера отображен один из вариантов использования биогаза, в данном случае поступающего на ТЭЦ. Получаемое тепло используется для обеспечения технологического процесса в ферментере необходимой тепловой энергией, а часть тепла поступает в сеть централизованного теплоснабжения. Это один из вариантов использования биогаза [5].

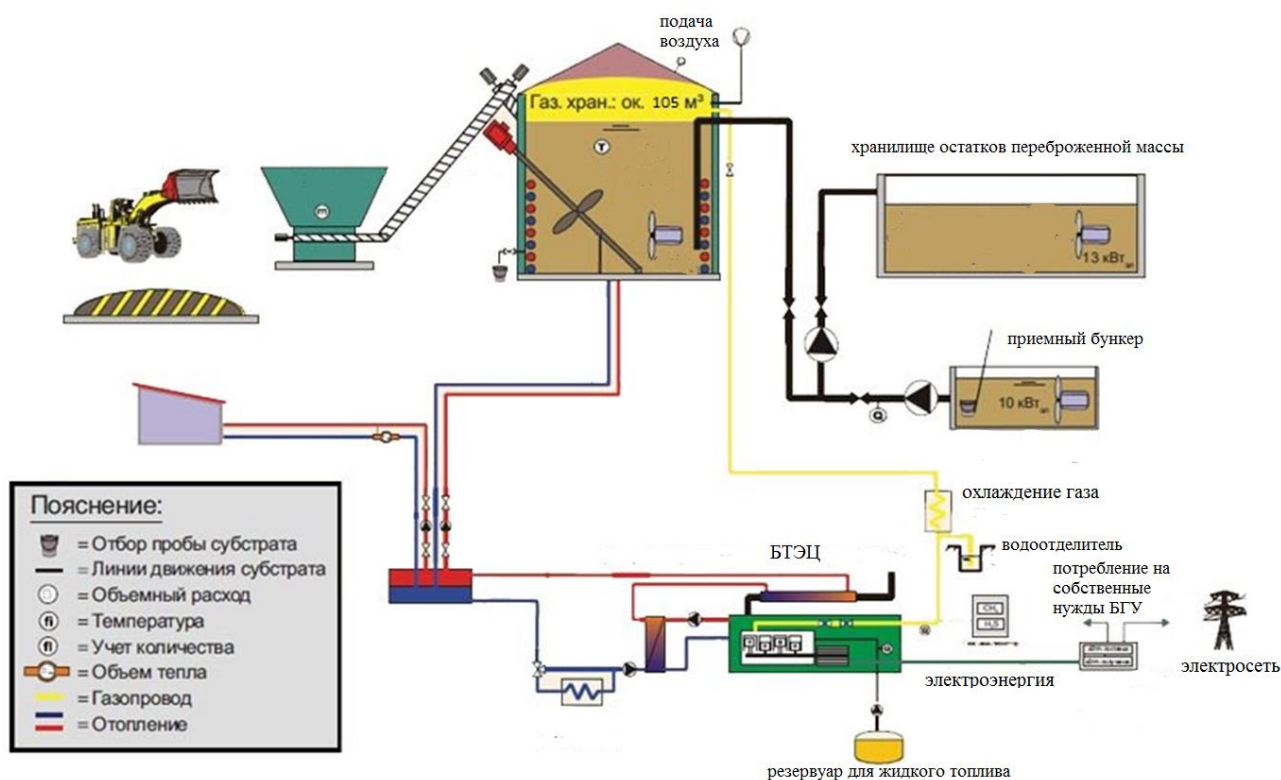


Рис. 1. Технологическая схема работы БГУ

Величина удельных капитальных вложений получена на основании статистики БГУ, построенных за рубежом и составляет 40 тыс. руб./ м³раб.об. Общие капиталовложения в БГУ составляют 41,4 млн. руб.

Схема финансирования проекта: заемные средства (кредит) – 44%; бюджетное финансирование – 29; собственный капитал – 27%.

Оценка эффективности инвестиционного проекта выполняется по системе следующих показателей: чистый дисконтированный доход (NPV); дисконтированный срок окупаемости (PBP); внутренняя норма доходности (IRR); индекс доходности (PI) [7]. При условии, что цена на природный газ составляет 4,89 руб. за м³, а издержки эксплуатации равны 5%, номинальная процентная ставка равна 12%, уровень инфляции – 8%. Экономический срок службы принят равным годам 25 годам. Текущий курс евро к рублю равен 74,155. Произведенный биогаз будет поставляться в сети природного газа. В природном газе содержится 92-98% метана, а в биогазе – 55-75%. Теплотворная способность биогаза – 6,9 кВт·ч/м³н (23 МДж/м³), а природного газа – 10,1 кВт·ч/м³н (35 МДж/м³). Эксплуатация

установки осуществляется с нагрузкой 3,8 кг оСВ/(м³ рабочего объема в день) при максимальной нагрузке до 4,5 кг оСВ/(м³ рабочего объема в день) [6]. Выход биогаза в год составляет 935,13 тыс. м³/год. Доход от продажи биогаза составляет 4,582 млн. руб./год, доход от продажи удобрений 7,79 млн. руб./год, издержки эксплуатации БГУ составляют 2,07 млн. руб./год, доход за вычетом издержек 10,3 млн. руб./год, индекс доходности 3,01, дисконтированный срок окупаемости проекта составляет 4 года.

Анализ чувствительности рассчитан при вариации следующих параметров: налоговых ставок; выработки электроэнергии; объема инвестиций; ставки дисконтирования. Анализ чувствительности показал, что по методу вариации параметров в диапазоне $\pm 15\%$, показатели эффективности в большей степени зависят от изменения инвестиций и ставки дисконтирования.

В работе была доказана целесообразность инвестиций в строительство биогазовой установки, выполнен расчет основных параметров биогазовой установки, проведен технический расчет по обоснованию параметров БГУ, а также разработана технологическая схема производства биогаза. Была произведена оценка эффективности инвестиционного проекта: капиталовложения в БГУ составили 41,4 млн. руб., чистый дисконтированный доход 124,76 млн. руб., срок окупаемости проекта 4 года, изменение исходных параметров показывает финансовую устойчивость проекта.

Использование отходов со свиноферм является комплексным решением ряда проблем, таких как утилизация навоза, производство органических удобрений, снижение негативного воздействия на окружающую среду, развитие рынка экологически чистой продукции сельского хозяйства и повышение его конкурентоспособности, а также решит проблему занятости населения в сельских районах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кононенко С.И., Ледин Н.П., Мурадова Е.Л. Производство биогаза и удобрений на животноводческих фермах Вестник аграрной науки Дона. 2013. №1(21). С. 45-53.
2. Уфимцев А.А., Мурыгин И.В. Производство и использование биогаза // Техника и оборудование для села. 2010. №8. с. 20-22.
3. Борисов Г.А., Сидоренко Г.И. Энергетика Карелии. Современное состояние, ресурсы и перспективы развития. СПб.: Наука, 1999. 303 с.
4. Чернин С.Я., Федотов Д.В. Биогазовая энергетика и сельское хозяйство: перспективы развития на пути к устойчивому развитию России. 2014. № 68. с.72-79.
5. Биогаз на основе возобновляемого сырья. Сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии / Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR) Хофплатц 1, 18276, Гюльцов, Германия. 2010. 115 с.
6. Биогаз на основе возобновляемого сырья. Сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии / Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR) Хофплатц 1, 18276, Гюльцов, Германия. 2010. 115 с.
7. Сидоренко Г.И., Кудряшева И.Г., Пименов В.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Техничко-экономический анализ. Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 248 с.
8. Безруких П.П., Безруких П.П., Сидоренко Г.И. О климатической информации для производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии // Метеоспектр, 2016, №1, с.59-68.
9. Сидоренко Г.И., Михеев П.Ю. Оценка энергетической эффективности жизненных циклов энергетических объектов на основе ВИЭ, Сборник материалов XXI международной НПК «Проблемы и перспективы инновационного развития экономики», г.Алушта, 19-24 сентября 2016, Москва-Симферополь, 2016, с.251-259, ISBN 978-5-91936-076-6 GS.
10. Sidorenko G. Space-time distribution and integral estimates of renewable energy sources of Karelia // Perspectives of Renewable Energy Resource Utilization in Karelian Fuel-Energy Balance. Proceedings of the First International Seminar, vol. 1, 4-7 April, 1993. Petrozavodsk, Russia, Joensuu 1993, p. 21-42.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ П. НОВОМИХАЙЛОВСКИЙ

Краснодарский край относится к районам, где плотность солнечного излучения является достаточной для применения солнечных водонагревательных установок (СВНУ), что подтверждается данными метеонаблюдений. Продолжительность солнечного сияния в регионе составляет 2200–2400 часов в году, поэтому значительная часть Краснодарского края является благоприятным районом для развития солнечной энергетики. В п. Новомихайловский Туапсинского района на базе отдыха СПбПУ «Южный» для обеспечения нужд горячего водоснабжения профессорского корпуса используется система гелиоколлекторов, состоящая из 64 плоских солнечных коллекторов (СК) и 2 баков-аккумуляторов объемом 4 м³. Коллекторы ориентированы на юг и располагаются под оптимальным углом примерно равным широте местности. Задача разработки энергоэффективных решений для применения СВНУ при замещении ГВС и части отопительной нагрузки социальных и жилых объектов поставлена в ряде Программ энергосбережения субъектов РФ.

Цели работы: провести экспериментальные и теоретические исследования прихода солнечного излучения на горизонтальную и наклонную поверхности СК; разработать модель коллекторного поля; оценить целесообразность установки новых более эффективных СК.

Задачи исследования: сформулировать основные принципы создания СК для обеспечения большой заводской готовности основных узлов СВНУ, сокращения сроков монтажа и снижения капитальных затрат; выполнить поверочные расчеты СК различного типа, и определить их показатели в режимах тепловой генерации; в процессе экспериментальных и теоретических исследований выполнить оптимизацию технологической схемы СВНУ.

Степень точности определения суммарной радиации Q_c , Дж/м² прямым образом зависит от учета характера облачности для расчетного места расположения объекта. В этих случаях можно применять зависимость для расчета Q_c , учитывающую облачность:

$$Q_c = Q_{\text{я}} \cdot [1 - (a + b \cdot \bar{n}) \cdot \bar{n}], \quad (1)$$

где a и b – постоянные (a – зависит от широты места); $\bar{n}$ – среднее месячное количество облачных дней. Поэтому для расчетов показателя Q_c необходимо знать среднюю за месяц суммарную радиацию на горизонтальную поверхность в ясный день $Q_{\text{я}}$, что требует знания данных актинометрических станций. Прямые измерения потока солнечной радиации в Краснодарском крае ведутся на ограниченном числе метеостанций.

Для расчета среднемесячных количеств суммарной радиации на горизонтальную поверхность использована следующая модель [1]:

$$Q_c = Q_0 \cdot \left(a \cdot \frac{\bar{n}}{\bar{n} + n_n} + b \cdot \frac{T}{T_v} \right), \quad (2)$$

где T – наблюдавшаяся за месяц продолжительность солнечного сияния; T_v – возможная (максимальная) продолжительность солнечного сияния, n_n – среднемесячное количество дней нижней (минимальной) облачности; Q_0 – плотность внеатмосферной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, усредненная за рассматриваемый период времени в МДж/м², которая рассчитывается по формуле:

$$Q_o = \frac{24}{\pi} \cdot I_{SC} \left\{ \left[1 + a \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot k}{365}\right) \right] \cdot \left[\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \left(\frac{2\pi \cdot \omega_s}{365} \right) \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta \right] \right\}, \quad (3)$$

где I_{SC} – солнечная постоянная, кВт/м²; k – день года; ω_s – часовой угол восхода солнца; φ – широта местности; $\cos \omega_s = -\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta$; δ – склонение солнца, $\delta = 23,45 \sin[360 \cdot ((284 + k)/365)]$, град.

Были проведены расчеты с использованием зависимостей (1-3) для условий п. Новомихайловский. Также были проведены экспериментальные исследования с фактическим измерением потока солнечной радиации на горизонтальную и наклонные поверхности. Измерения проводились в течение 10 дней с помощью пиранометра Янишевского. Замеры делались каждые полчаса. По окончании был произведен расчет энергии, поступающей на наклонную площадку для каждого из дня измерений, и была высчитана среднесуточная энергия солнечного излучения. На рис. 1. показан график измерений потока СИ, проводимых в дни с некоторой облачностью (провалы на графике).

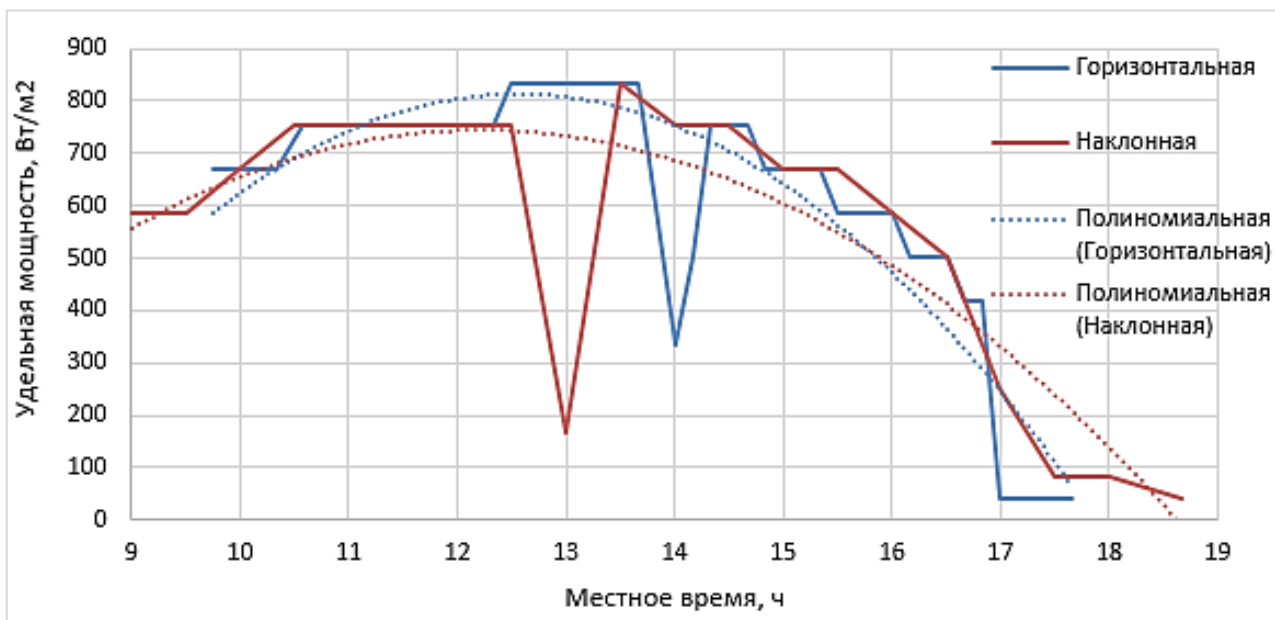


Рис. 1. Результаты измерений потока солнечного излучения на горизонтальную и наклонную принимающую поверхности

Для оценки эффективности солнечного водонагревателя с солнечным коллектором вакуумного типа в зависимости от места установки и времени года производится теплоэнергетический расчет. Осредненная за месяц сумма солнечной радиации в течение дня $Q_{СК}$ определяется при наиболее выгодном угле установки коллектора.

Для расчета среднего значения теплоты, получаемого коллектором в течение одного дня и используемого для нагрева теплоносителя, применялась зависимость: $Q_{cd} = q_{СК} F_{СК} \eta_{СК}$, где $F_{СК}$ – площадь абсорбера солнечного коллектора, м²; $\eta_{СК}$ – КПД коллектора. Далее вычисляется объем воды, V_v , м³, нагреваемый солнечным коллектором за день до требуемой температуры T_1 .

Аналогично, рассчитывается температура нагрева воды в баке-аккумуляторе СВНУ. Используя полученные данные, определялось количество солнечных коллекторов, необходимых

для СВНУ с заданным объемом теплового аккумулятора: $N_k = V_B C_B (T_1 - T_0) / Q_{ск}$, где V_B – объем бака аккумулятора, m^3 ; T_0 , $^{\circ}C$ – начальная температура нагрева воды в системе ГВС; C_B – удельная теплоемкость воды. Выработка тепла солнечным коллектором определяется по формуле $Q_{ск} = Q_c \eta_{ск}$. При этом тепловая эффективность (КПД) солнечного коллектора равна:

$$\eta_{ск} = \eta_{опт} - k_1 \frac{T_K - T_B}{Q_c} - k_2 \frac{(T_K - T_B)^2}{Q_c}, \quad (4)$$

где $\eta_{опт}$, k_1 , k_2 – оптический КПД и коэффициенты потерь солнечного коллектора соответственно; T_B – температура окружающей среды, $^{\circ}C$; T_K – температура внутри коллектора, $^{\circ}C$.

По рассмотренной методике произведен расчет энергетической эффективности работы вакуумного солнечного коллектора. Для условий п. Новомихайловский (широта 44°) при угле установки 32° получены оценки выработки тепловой энергии коллекторами и их эффективности.

Выводы: 1) существующая система коллекторов на базе отдыха СПБПУ «Южный» устарела и требуется установка более эффективного оборудования; 2) проведены экспериментальные наблюдения за приходом солнечной радиации на горизонтальную и наклонные поверхности; 3) разработана модель коллекторного поля с СК и баками-аккумуляторами, позволяющая проводить расчеты эффективности их использования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Оценки ресурсов возобновляемых источников энергии в России: справочник / Ю. С. Васильев и др. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 250 с.
2. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П. П. Безруких, Ю. Д. Арбузов, Г. А. Борисов и др. СПб.: Наука, 2002. 314 с.
3. Елистратов В.В., Акентьева Е.М., Кобышева Н.В. и др. Климатические факторы возобновляемых источников энергии: монография. СПб: Изд-во «Наука», 2010.
4. Елистратов В.В., Грилихес В.А., Аронова Е.С. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения: учеб. пособие. СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2008. 100 с.
5. RealSolar [Электронный ресурс]: база данных – Электр. Дан. – Режим доступа: <http://realsolar.ru>, свободный.
6. Сидоренко Г.И., Кудряшева И.Г., Пименов В.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Техничко-экономический анализ. Уч. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 248 с.
7. Безруких П.П., Безруких П.П., Сидоренко Г.И. О климатической информации для производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии // Метеоспектр, 2016, №1, с.59-68.
8. Сидоренко Г.И., Михеев П.Ю. Оценка энергетической эффективности жизненных циклов энергетических объектов на основе ВИЭ, Сб. мат-лов XXI междунар. научно-практ. конф. «Проблемы и перспективы инновационного развития экономики», г.Алушта, 19-24 сентября 2016, Москва-Симферополь, 2016, с.251-259.
9. Franz Mauthner, Werner Weiss. Solar Heat Worldwide, Markets and Contribution to the Energy Supply. 2011.

УДК 621.31

Е.П.Савастеева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБОСНОВАНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ МИАТЛИНСКОЙ ГЭС

Миатлинская гидроэлектростанция построена на реке Сулак в Дагестане и входит в состав Сулакского каскада [1].

Цель работы – обоснование необходимости модернизации оборудования Миатлинской ГЭС, являющейся контррегулятором Чиркейской ГЭС. Миатлинское водохранилище используется как источник водоснабжения г. Махачкала.

Напор гидроузла обеспечивается за счет перепада реки Сулак между Чиркейской ГЭС и Чирюртским водохранилищем. ГЭС используется в целях энергетики, а также для перерегулирования суточного и недельного стока от работающей в пиковом режиме Чиркейской ГЭС в интересах сельского и рыбного хозяйств, промышленного и коммунального водоснабжения. Кроме того, за счет выравнивания суточной и недельной неравномерности расходов, поступающих из Чиркейского водохранилища, Миатлинское водохранилище освобождает Чиркейскую ГЭС от каких-либо ограничений в использовании ее мощности [2].

Миатлинская ГЭС – важное звено в каскаде Сулакских ГЭС, без которой не может быть в полной мере решена задача комплексного использования стока р. Сулак. Установленная мощность 220 МВт. Годовая среднемноголетняя выработка 685 млн. кВт·ч [3].

На гидроагрегатах ГЭС отмечались повышенные вибрации и трещинообразование. В 2008 г. был проведен капитальный ремонт гидроагрегатов с модернизацией лопастей рабочего колеса, что привело к улучшению ситуации. Однако, полностью проблема решена не была, в связи с чем рассматривается возможность замены рабочих колес, причем в качестве одного из вариантов изучалась возможность замены поворотно-лопастных гидротурбин на радиально-осевые [4].

В ходе проведенных НПО ЦКТИ исследований была выявлена неэффективность замены типа гидротурбин и возможность увеличения их мощности до 144 МВт. Работы по реконструкции планировалось начать в 2009–2011 гг. [5].

На Миатлинской ГЭС установлены две поворотно лопастные гидротурбины типа ПЛ 60/1075 диаметром рабочего колеса 6,0 м, развивающие при расчетном напоре 46,6 м и частоте вращения 125 об/мин мощность 113 МВт каждая. Турбины предназначены для нормальной эксплуатации при напорах от 39,0 м до 59,0 м.

Реконструкция гидроагрегата включает в себя замену рабочего колеса, системы регулирования, а также крышки гидротурбины. Новое оборудование поставлено австрийской компанией «Voith Hydro GmbH & Co. KG» в рамках договора, заключенного с ОАО «РусГидро» в 2011 году.

Предусмотрена замена существующих рабочих колес Миатлинской ГЭС на рабочие колеса Каплана 60-B-600 австрийской фирмы Voight (в зарубежной практике поворотно-лопастные гидротурбины называются турбинами Каплан). Замена гидротурбин обусловлена невысокими энергетическими и эксплуатационными показателями, а также существенной степенью изношенности старых рабочих колес ПЛ 60/1 075-B-600 [6].

Информация о колесах Каплана 60-B-600 представлена в виде напорно-расходной характеристики, построенной заводом-изготовителем. На ней нанесены рекомендуемые параметры рабочего колеса ($H_p = 46,6$ м, $Q = 285$ м³/с, $N = 140,5$ МВт, $\eta = 94,2$ %) [7]. Таким образом, модернизация Миатлинской ГЭС путем замены двух рабочих колес приведет к увеличению мощности от 113 МВт до 140,5 МВт (24,3%).

Особенностью гидроагрегатов Миатлинской ГЭС является их работа на высоком для турбин поворотно-лопастного типа напоре – 46 м. Для обеспечения надежной работы в этих условиях новое рабочее колесо оснащено 7 лопастями повышенной прочности (вес каждой из них на 2 т больше, чем у старых лопастей). Общий вес нового рабочего колеса составляет более 128 т. Увеличено давление масла в системе регулирования с 40 до 63 атмосфер, что позволило снизить необходимый объем масла и повысить экологические характеристики турбины. Оптимизация конструкции турбины позволяет увеличить пропуск воды через нее и, в перспективе, повысить мощность гидроагрегата станции [3].

Доставка нового оборудования на Миатлинскую ГЭС проводилась с октября 2013 г. по январь 2014 г. В марте 2015 г. начались работы по реконструкция гидроагрегата № 1 с заменой рабочего колеса специалистами Дагестанского филиала «Гидроремонт-ВКК», которые в течение 3,5 месяцев проходили обучение монтажу рабочего колеса и системы регулирования гидроагрегата на австрийском заводе компании Voith Hydro.

Произведем сравнение выработки электроэнергии для гидротурбин.

Исходные данные:

1. Годовая среднемноголетняя выработка для турбин ПЛ 60/1075 – 685 млн. кВт·ч.
2. Число часов использования установленной мощности – 3140 ч.

В проекте Миатлинской ГЭС был принят генератор ГСВ 1 230-140-48, который был выбран из стандартной номенклатуры гидрогенераторов, как удовлетворяющий параметрам гидротурбины ПЛ 60/1 075-В-60. Генератор ГСВ 1 230-140-48 (активная мощность 117 МВт, полная – 137, 6 МВА) не подходит для турбины Каплана 60-В-600 по активной (137 МВт) и полной мощностям (161,2 МВА), принимаем генератор ВГС 1 100/83 – 48.

Тогда среднемноголетняя выработка для турбин Каплана 60-В-600:

$$Э_{\text{ср.много.}} = N_{\text{1агр}} n_{\text{агр}} T_p,$$

где $N_{\text{1агр}}$ – мощность 1 агрегата, $N_{\text{1агр}} = 137$ МВт; $n_{\text{агр}}$ – число гидроагрегатов; T_p – число часов использования установленной мощности.

Вычисляем выработку с новыми гидроагрегатами:

$$Э_{\text{ср.мн.}} = 137 \cdot 2 \cdot 3140 = 860 \text{ млн. кВт} \cdot \text{ч.}$$

Средняя многолетняя выработка с турбинами Каплана возрастает на 175 млн. кВт·ч.

Выводы: в ходе выполнения работы была рассмотрена модернизация агрегатов Миатлинской ГЭС, которая предусматривает замену существующих рабочих колес типа ПЛ 60/1 075-В-600 на рабочие колеса Каплана 60-В-600 австрийской фирмы Voight.

Замена гидротурбин обусловлена невысокими энергетическими и эксплуатационными показателями, а также существенной степенью изношенности старых рабочих колес ПЛ 60/1075-В-600.

Модернизация оборудования Миатлинской ГЭС путем замены двух рабочих колес приведет к увеличению мощности турбины от 113 МВт до 140,5 МВт. Установка турбины Каплана 60-В-600 позволит увеличить выработку электроэнергии на 25,5% (175 млн. кВт·ч) за счет увеличения мощности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Акт преддекларационного обследования гидротехнических сооружений Миатлинской ГЭС от 8 октября 2009 г.
2. Миатлинская ГЭС [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%B0%D1%82%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%93%D0%AD%D0%A1
3. Миатлинский гидроузел на р. Сулаке. Уточненный технический проект. Общая пояснительная записка. Л., 1960.
4. Кудряшева И.Г., Масликов В.И. Основные направления обеспечения экологической безопасности ГЭС при их реконструкции / Сборник трудов Международной научно-технической конференции «Гидротехника и гидроэнергетика: проблемы строительства, эксплуатации экологии и подготовки специалистов». 2002. С. 87-91.
5. АО Ленгидропроект [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.lhp.rushydro.ru/>
6. На Миатлинской ГЭС смонтировали новое рабочее колесо гидроагрегата №1 [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.npo-diar.ru/news/19/21492/>
7. Машиностроение. Энциклопедия / Гидравлические машины, агрегаты и установки. Т.IV-20 // Ю.С. Васильев, В.А. Умов, Ю.М. Исаев и др. 2015. 584 с.

ОБОСНОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЧИРЮРТСКИХ ГЭС

В настоящее время в Северо-Кавказском федеральном округе потенциальные мощности возобновляемых источников энергии (ВИЭ) могут обеспечить до 25% объема потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), что создает благоприятные условия для решения его энергетических и экологических проблем [1].

Общий валовой потенциал ресурсов солнечной энергетики Дагестана составляет 8,6 млрд т у.т., который только начинает реализовываться. Несмотря на значительные запасы ВИЭ в перспективах развития Северо-Кавказского федерального округа одной из главных задач республики Дагестан остается освоение гидроэнергетических ресурсов.

В республике предусматривается развитие гидроэнергетического потенциала по четырем основным направлениям: освоение экономически апробированных гидроэнергетических ресурсов в бассейне р. Сулак, освоение гидроэнергетических ресурсов второй водной артерии республики – р. Самур, реконструкция и расширение действующих ГЭС, восстановление и строительство новых малых ГЭС [2].

Цель работы – обоснование реконструкции Чирюртских ГЭС.

Республика Дагестан – регион России, уникальный своими запасами энергоресурсов. Основными производителями электроэнергии в регионе в настоящее время и в обозримом будущем останутся гидроэлектростанции. Гидроэнергетический потенциал в республике составляет более 55,2 млрд. кВт·ч, или 40% энергетического потенциала рек Северного Кавказа.

На гидрогенерацию приходится 98% вырабатываемой электроэнергии в республике Дагестан. В регионе функционирует 16 гидроэлектростанций (включая малые) установленной мощностью 1 885 МВт и две теплоэлектростанции установленной мощностью 44 МВт (527 Гкал/час) [3]. Установленные электрические мощности электростанций [4] представлены на

рис. 5.

Около трети ГЭС Дагестана построены, эксплуатируются более 30 лет, выработали свой нормативный ресурс и нуждаются в комплексной реконструкции. Обоснование реконструкции некоторых эксплуатируемых ГЭС Республики Дагестан приведено ниже.

Чиркейская ГЭС. Необходима комплексная реконструкция Чиркейской ГЭС с заменой основного гидросилового оборудования – гидротурбины и гидрогенератора, электротехнического оборудования, системы автоматизированного управления блоком «генератор – трансформатор», вспомогательного оборудования гидроагрегата с проведением демонтажа и последующего монтажа оборудования.

Миатлинская ГЭС. Необходима замена рабочих колес турбин Миатлинской ГЭС, введенных в эксплуатацию в 1986 году, обусловленная их техническим состоянием. В последние годы наблюдалось повышенное трещинообразование в лопастях, что является следствием проектной ошибки при конструировании турбины.

Чирюртские ГЭС (ГЭС-1 и ГЭС-2). Ввод в эксплуатацию Чирюртской ГЭС-1 был произведен в конце 1961 г. Мощность Чирюртской ГЭС-1 – 72 МВт. В здании ГЭС установлены два агрегата по 36 МВт. Плотина укатанная, насыпная, состоит из глинистого ядра и гравийно-галечных наружных призм, строительная высота – 37,5 м, длина по гребню – 43 м, ширина по верху – 10 м, гидроузел приплотинно-деривационный. Реконструкция станции не проводилась до настоящего времени, вследствие чего

фактическая выработка Чирюртской ГЭС-1 не достигает расчетной, из-за вынужденных остановок агрегатов для ремонта гидросилового, электротехнического оборудования, а также расположенных на деривационном тракте водозаборов.

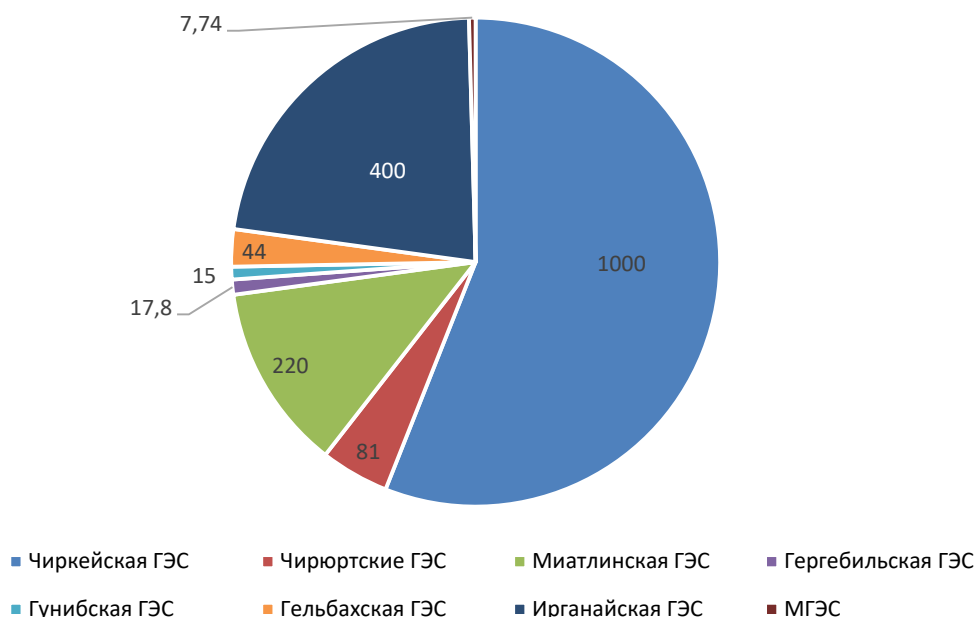


Рис. 5. Установленные электрические мощности электростанций Дагестанского филиала «РусГидро» по состоянию на 01.05.2016

Строительство Чирюртской ГЭС-2 завершилось в 1964 году. Здание бесплотинной ГЭС имеет длину и ширину 25 м в подводной части, совмещено с двумя боковыми водосбросами. В здании ГЭС установлен 1 агрегат мощностью 9 МВт.

Основное оборудование на станциях выработало нормативный срок службы. Необходима комплексная реконструкция ГЭС с заменой основного гидросилового оборудования – гидротурбины и гидрогенератора, электротехнического оборудования. Выполнение реконструкции станций запланировано в рамках программы комплексной модернизации (ПКМ) «РусГидро» [5].

В настоящее время на трети ГЭС Республики Дагестан основное оборудование полностью выработало нормативный срок службы, равный 30 годам [6]. Возраст машин влияет на снижение уровня их надёжности, сокращает межремонтный период работы (до 5 лет), приводит к существенному увеличению простоев агрегатов в ремонтах (в 3-5 раз больше нормативной длительности капремонта).

Комплексная реконструкция является решением проблемы повышения технического уровня гидроэлектростанции. Использование современных технических решений, новых конструкционных материалов обеспечит существенное повышение надёжности оборудования, увеличение мощности и КПД гидроагрегатов.

Выводы:

1. Современная энергетика характеризуется серьезными проблемами, связанными с ограниченными ресурсами органического, минерального и атомного топлива. Стратегия энергетического развития должна ориентироваться на всемерное использование ВИЭ, среди которых гидропотенциалу отводится решающее значение.

2. Строительство гидроэнергетических объектов позволит сократить дефицит органического топлива, обеспечить надежность и устойчивость работы крупных объединенных энергосистем, содействовать экологической безопасности.
3. Особенность развития гидроэнергетики России на современном этапе заключается в том, что при незначительных масштабах строительства новых ГЭС имеет место нарастающая потребность в реконструкции и модернизации эксплуатируемых станций, оборудование которых превысило нормативные сроки.
4. Комплексная реконструкция ГЭС в широких масштабах необходима для обеспечения энергетической и экологической эффективности отрасли. Для наилучшего энергетического эффекта реконструкции новое оборудование должно соответствовать режимным условиям действующей ГЭС.
5. Для эффективного решения задач реконструкции действующих ГЭС необходим системный подход, учитывающий индивидуальные особенности реконструируемой ГЭС, для получения максимальной выработки энергии при минимальных капиталовложениях в реконструкцию (положительный технологический и экономический эффекты).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. Изд 2-е доп. СПб.: Наука, 2013. 308 с.
2. Доклад заместителя Председателя Государственной Думы Р.Ф. Липатова Юрия Александровича на пленарном заседании V Всероссийского совещания гидроэнергетиков, Санкт Петербург, 2013
3. Стратегия социально-экономического развития Республики Дагестан до 2025 г., Министерство экономики Республики Дагестан, AV Investment Consulting Company LLC, 2011 г.
4. РусГидро [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rushydro.ru/>, свободный. (Дата обращения: 12.10.2016 г.).
5. Машиностроение. Энциклопедия / Гидравлические машины, агрегаты и установки. Т.IV-20//Ю.С. Васильев, В.А. Умов, Ю.М. Исаев и др. 2015. 584 с.
6. Кудряшева И.Г., Слонова А.А. Экологические последствия строительства и эксплуатации гидроэнергетических объектов // XLII Неделя науки СПбГПУ материалы НПК с международным участием. НОЦ «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе». СПб. 2014. С. 56-58.

УДК 621.311

А.А.Фатеев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА ДРЕВЕСНЫХ ГРАНУЛ

На российском рынке древесных гранул (ДГ) происходят качественные изменения. Одновременно с увеличением объемов экспорта ДГ (что положительно), происходит рост монополизации рынка. Порядка 80% объема ДГ производится лесопромышленными холдингами, для которых производство гранул является вспомогательным и направлено на переработку древесных отходов основного производства [1-3]. Ориентация производителей на внешний или внутренний рынок является одной из причин медленной реакции некоторых производителей ДГ на изменение макроэкономического климата. Компании, которые реализуют продукцию основного производства на внутреннем рынке, не смогли оперативно отреагировать на рост экспортного потенциала ДГ. Причина заключается в падении российского строительного и мебельного рынков в течение последних 6 лет, что привело к сокращению производства основной продукции, а, следовательно, и к уменьшению древесных отходов для производства ДГ. В таких условиях горизонтальная технологическая интеграция лесоперерабатывающих производств не сказалась положительно. Очень сложно нарастить объемы производства вспомогательной продукции в условиях сокращения основного производства. Для этого необходимо предпринимать существенные

технологические и организационные мероприятия, что требует временных и финансовых ресурсов. Это и стало основной причиной медленной реакции российских производителей ДГ на ослабление рубля и повышение привлекательности экспорта ДГ.

Компании, ориентированные исключительно на внешние рынки, смогли оперативно воспользоваться восходящим трендом, который оказывал влияние, как на продукцию основного производства, так и вспомогательного производства. В любом случае, рост объемов производства требует дополнительной подготовительной работы в части обеспечения производства сырьем и организации новых режимов работы. Поэтому реакция производителей ДГ на улучшение макроэкономической среды оказалась несколько запоздалой. При этом данное утверждение справедливо для крупных производств, а субъекты малого и среднего бизнеса отреагировали на изменение ситуации оперативно. Так, отгрузки гранул автомобильным транспортом во втором полугодии 2015 г. выросли на 20% до 100 тыс. т. Этот вариант транспортировки наиболее активно используется малыми и средними предприятиями, так как позволяет поставлять продукции потребителю напрямую, с минимальными временными и организационными затратами.

Цель работы: исследование мирового и российского рынка древесных гранул.

Задачи: 1) выявить динамику цен на ДГ; 2) определить потенциал производства ДГ в России; 3) определить зависимость между ценами на нефть и ДГ.

На рис. 1 показана динамика изменения объемов экспорта ДГ и экспортные цены за 2014-15 гг. В основу построения графиков положены данные Национального Лесного агентства.

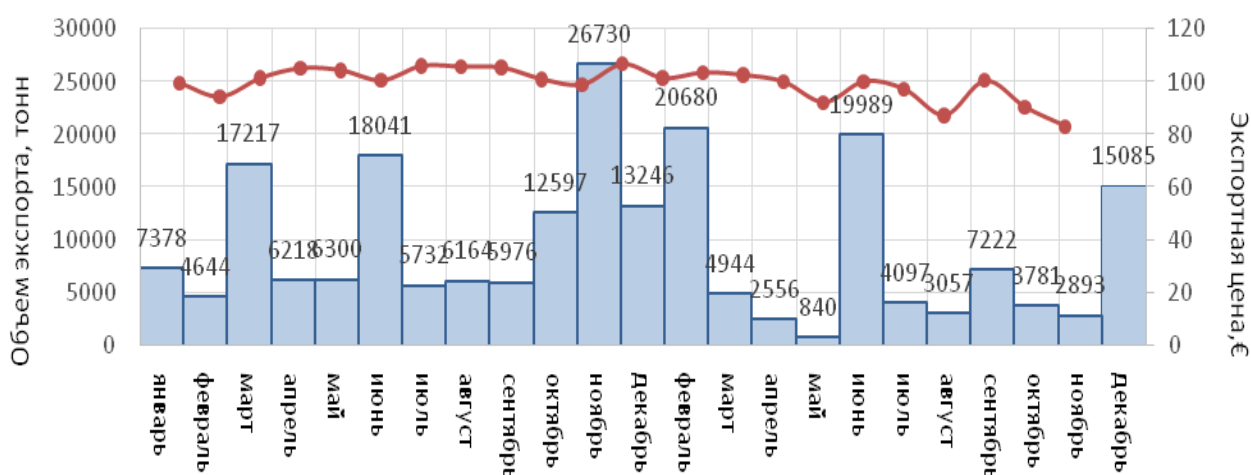


Рис. 1. Объемы экспорта и цены на древесные гранулы

Общий объем экспорта ДГ за 2015 г. составил 933,961 тыс. т. Это безусловный годовой рекорд за все время развития отрасли. Тем не менее, уровень монополизации в отрасли остается достаточно высоким, на десять крупнейших производств приходится 65% всего производства и экспорта. Три крупнейших производства формируют 32% всего экспорта. На рис. 2 представлен график, отражающий объемы и цены экспорта ДГ. Следует отметить, что в предыдущие годы доля российских производителей на европейском рынке сокращалась. Присутствие российских производителей ДГ ограничивалось скандинавскими странами. Выход за пределы Балтийского моря осуществлялся только в морских контейнерах, в основном в виде упакованных в мешки по 15-40 кг. Продажи промышленных гранул насыпью в регионе Северного моря, в частности, в Великобританию и Нидерланды не осуществлялись ввиду удаленности транспортировки и сильной конкуренции со стороны американских и канадских компаний. Североамериканские производители ДГ за последние 5

лет смогли успешно выйти на европейский рынок и даже зайти в «домашний регион» российских производителей, начав отгрузки гранул в Данию [4].

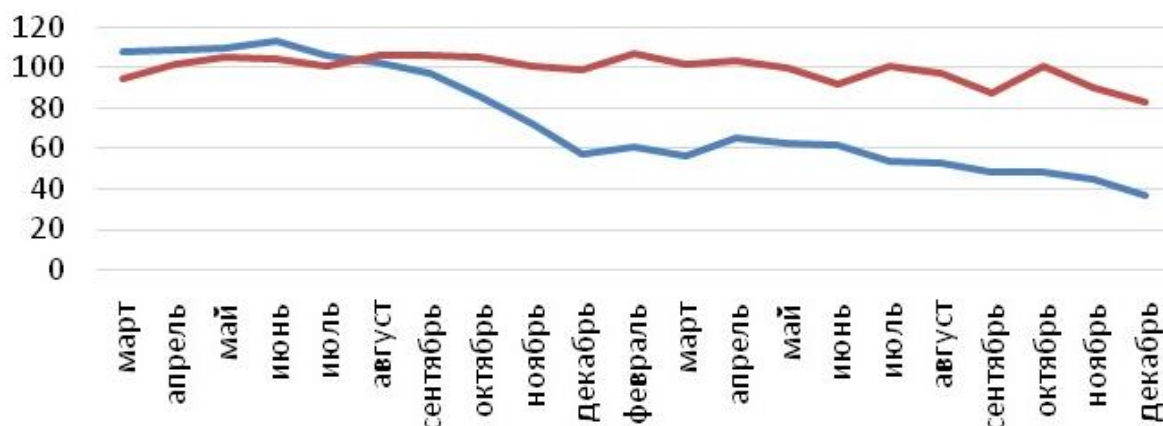


Рис. 2. Динамика цен на нефть и древесные гранулы в 2014-15 гг.

В 2014 г. объём российского экспорта ДГ составил 879 тыс. т (+18% к 2013 г.) на сумму 126 млн. долл. США. Ключевыми странами-получателями в 2014 г. были Дания (43%) и Швеция (25%), а в 2015 г. общий объём экспорта ДГ составил 933.961 тыс. т. В первом полугодии 2016 г. экспорт ДГ составил только 445 690 т. Для Российского экспорта стал доступен рынок Великобритании (объём поставок ДГ составил пока 30 000 т [8]).

Таким образом, следует констатировать наличие сезонных колебаний цен на ДГ и некоторую тенденцию их снижения. Для производителей ДГ это приведет к снижению доходов. Вместе с тем для российских производителей ДГ открываются новые рынки сбыта. Это позволит увеличить спрос на ДГ и повысить загрузку российских заводов, производящих ДГ.

Потенциал производства ДГ в РФ достаточно велик. Проведенные предварительные расчеты показывают, что объём производства ДГ в России может достигать 30 млн. т.

В работе проведено сопоставление величин экспортных цен на ДГ с экспортными ценами на нефть марки Brent [9]. В анализе использована цена на ДГ промышленного назначения, отгружаемые навалом через порты Санкт-Петербурга на условиях FCA (Франко Перевозчик). Термин «Франко перевозчик» означает, что продавец доставит прошедший таможенную очистку товар указанному покупателем перевозчику до названного места. Следует отметить, что выбор места поставки повлияет на обязательства по погрузке и разгрузке товара на данном месте. Если поставка осуществляется в помещении продавца, то продавец несет ответственность за отгрузку. Если же поставка осуществляется в другое место, продавец за отгрузку товара ответственности не несет [5]. Эти условия индикативно отражают рост цен на ДГ промышленного назначения в ЕС [4]. Из рис. 2 следует, что цены на нефть имеют тенденцию к снижению, в то время, как цены на ДГ колеблются около значения в 99 евро за тонну. А это значит, что цена на нефть не является фактором, существенно влияющим на цены на ДГ.

Выводы: 1) выявлена динамика цен на топливные гранулы; 2) определен потенциал производства ДГ в России; 3) выявлена слабая зависимость между ценами на нефть и ценами на ДГ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Группа компаний WoodPellets [Электронный ресурс]: Характеристики производимых пеллет – Режим доступа: <http://woodpellets.ru/pellets>
2. Первый лесопромышленный портал [Электронный ресурс]: Рынок древесных топливных гранул. Итоги-2015 – Режим доступа: <http://www.wood.ru/ru/nlari02.html>

3. Журнал ЛесПромИнформ, № 1 (67) за 2010 [Электронный ресурс]: Перспективы мирового рынка пеллет – Режим доступа: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/1206>
4. Сделано у нас [Электронный ресурс]: В Иркутской области открыто новое пеллетное производство – Режим доступа: <http://www.sdelanounas.ru/blogs/57250/>
5. Климатические факторы возобновляемых источников энергии / В.В.Елистратов, Е.М.Акентьева, М.М.Борисенко, Н.В.Кобышева, Г.И.Сидоренко, В.В.Стадник; под ред. В.В.Елистратова, Н.В.Кобышевой, Г.И.Сидоренко. СПб.: Наука, 2010. 235 с.
6. Справочник. Топливная гранула: Россия, Беларусь, Украина. Овсянко А.Д., Санкт-Петербург, Биотопливный портал WOOD-PELLETS.COM, 2007. 200 с.
7. PelletsRussia [Электронный ресурс]: Пеллеты на экспорт Рынок пеллет в России и мире. – Режим доступа: <http://pelletsrussia.com/2015/08/15/pellety-na-export/>
8. Новости экономики. Динамика цен на нефть Brent (ICE.Brent, USD за баррель) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://news.yandex.ru/quotes/1006.html>
9. Сидоренко Г.И., Кудряшева И.Г., Пименов В.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Техничко-экономический анализ. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2008. 249 с.
10. Сидоренко Г.И., Безруких П.П., Дегтярев В.В. и др. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям), М.: «ИАЦ Энергия», 2007, 272 с.

УДК 621.31

М.В.Точёный

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОТЕРИ НАПОРА НА ДЕРИВАЦИОННЫХ ВОДОПРОВОДЯЩИХ ТРАКТАХ ГЭС

Деривационные схемы ГЭС целесообразно использовать в горных условиях, при больших уклонах свободной поверхности воды в реке и сравнительно малых используемых расходах, когда при относительно небольшой длине и малых поперечных размерах деривации можно получить большой напор и большую мощность ГЭС [1]. В отличие от плотинной схемы создания напора, в которой весь напор создается плотиной, в деривационной схеме напор создается главным образом посредством деривации, осуществляемой в виде канала, туннеля или трубопровода. Существует два типа деривации: напорная и безнапорная [2]. К безнапорным типам относятся деривационные каналы – открытые водоводы, используемые при относительно ровной и слабопересечённой местности, а также при достаточной устойчивости горных склонов, а также деривационные туннели, заполненные водой не полностью, с атмосферным давлением над свободной поверхностью воды. К напорному типу относятся деривационные туннели, работающие полным сечением и гидродинамическое давление во всех точках которого больше атмосферного [3,4]. В конце длинного напорного туннеля устраивается уравнильный резервуар для уменьшения гидроудара при резких изменениях расхода воды, потребляемой ГЭС.

К особенностям высоконапорных деривационных ГЭС относится использование в качестве турбинных водоводов сталежелезобетонных трубопроводов. При высоких напорах нецелесообразно использовать стальные трубопроводы ввиду большой их толщины и, следовательно, дороговизны. Развилки турбинных напорных водоводов являются типичным и самым сложным пространственным элементом высоконапорных деривационных ГЭС [5].

Цель работы: способы уменьшения потерь напора на высоконапорной деривации.

Задачи работы:

- 1) исследование потерь напора на протяженной высоконапорной деривации;
- 2) анализ вариантов уменьшения потерь напора в водопроводящем тракте;
- 3) расчёт увеличения мощности на примере Ирганайской ГЭС.

Потери напора в водопроводящем тракте состоят из потерь по длине и местных потерь. К местным потерям относятся: потери на входе в водоприемник, потери на сороудерживающей решетке, потери на поворотах деривационного туннеля, потери на поворотах турбинных водоводов, потери на развилке турбинных водоводов.

Потери напора по длине определяются по формуле Вейсбаха-Дарси: $h_l = \lambda \cdot l / D \cdot (v^2 / 2g)$, в которую входит длина l , диаметр водовода D , коэффициент гидравлического трения $\lambda = 8g / C^2$, скорость воды в водоводе v и коэффициент Шези C [6]. Коэффициент Шези зависит от шероховатости поверхности водовода и гидравлического радиуса $R = \omega / \chi$, где $\omega = \pi D^2 / 4$ – площадь поперечного сечения, $\chi = \pi D$ – смоченный периметр.

Местные потери напора рассчитываются по формуле Вейсбаха: $h_j = \zeta_j \cdot (v^2 / 2g)$, в которую входит коэффициент сопротивления ζ_j и скорость воды в водоводе $v = Q / \omega$.

На примере Ирганайского гидроузла определены потери напора в водопроводящем тракте. Потери напора по длине в деривационном туннеле диаметром 7,5 м и длиной 5,2 км составили 16,86 м при расчётном расходе $Q = 270 \text{ м}^3/\text{с}$. Для расчёта потерь по длине в напорных водоводах Ирганайской ГЭС были выделены 4 участка. Результат расчёта представлен в таблице.

Таблица

Потери напора по длине в турбинных водоводах

№ участка	Диаметр D , м	Длина l , м	Скорость воды v , м/с	Коэффициент гидравлического трения λ	Потери по длине h_l , м
1	7	230,0	7,02	0,0094	0,773
2	7	57,214	7,02	0,0094	0,192
3	5	41,913	6,88	0,01	0,212
4	5	160,831	6,88	0,01	0,813
Σh_l					1,99

Местные потери напора равны 3,18 м. Таким образом, общие потери напора составили $\Delta h = 20,04$ м. При длительной эксплуатации элементов водопроводящего тракта ухудшается качество материалов, что приводит к увеличению коэффициента шероховатости и, следовательно, к увеличению потерь напора в деривации. Были определены потери напора при увеличении коэффициента шероховатости бетонной облицовки деривационного туннеля с 0,014 до 0,016 и стали в турбинных водоводах с 0,012 до 0,013. Они составили 25,42 м, что на 26,8% больше стандартных.

Для уменьшения потерь напора рассмотрены два варианта:

1. ремонт и улучшение железобетонной оболочки с уменьшением коэффициента шероховатости до $n_6 = 0,013$;
2. устройство полиэтиленовой оболочки внутри сталежелезобетонных водоводов для снижения коэффициента шероховатости до $n_t = 0,009$, преимуществом которой является отсутствие коррозии.

При использовании данных вариантов потери напора в деривации составляют 17,09 м, что на 2,95 м меньше, чем стандартные. Графики зависимости потерь напора от расхода при $n_{61} = 0,014$ и $n_{t1} = 0,012$ и при $n_{62} = 0,013$ и $n_{t1} = 0,009$ представлены на рисунке.

Мощность Ирганайской ГЭС увеличилась на 7,2 МВт за счёт уменьшения потерь напора в водопроводящем тракте.

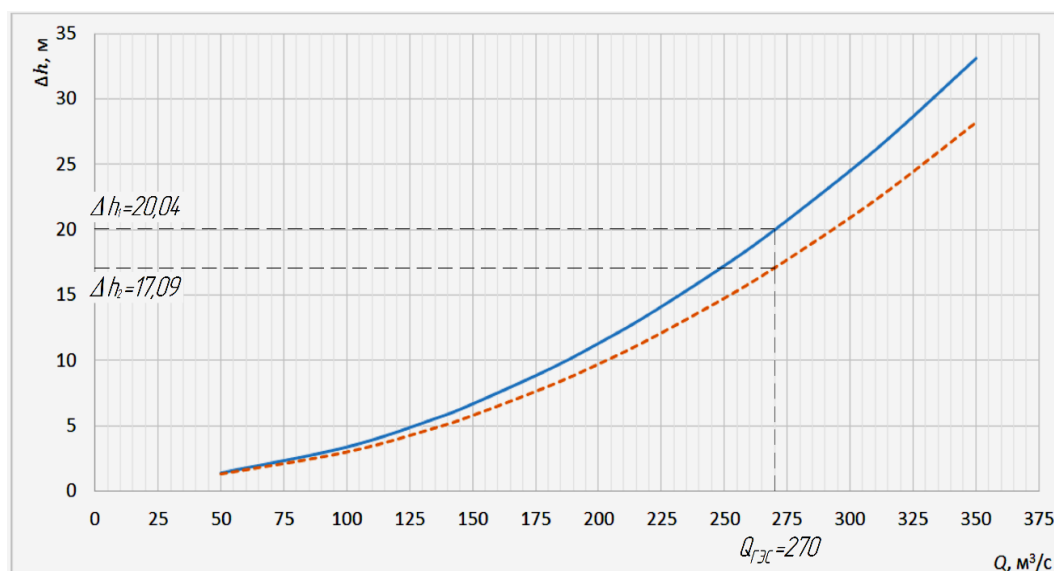


Рис. Зависимость потерь напора в водопроводящем тракте от расхода

Выводы:

1. Разработана методика расчёта потерь напора в напорном водопроводящем тракте.
2. На основании проведённых исследований при уменьшении коэффициента шероховатости бетона с 0,014 до 0,013 путем ремонта и стали с 0,012 до 0,009 путём устройства полиэтиленовой оболочки потери напора уменьшились с 20,04 до 17,09 м.
3. Мощность Ирганайской ГЭС выросла на 7,2 МВт.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гидроэнергетические установки: краткий конспект лекций / Ю.С. Васильев, В.В. Елистратов; СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 128 с.
2. Гидротехнические сооружения. Часть 2. учебник для вузов / Л.Н. Рассказов, В.Г. Орехов, Н.А. Анискин и др.; Под ред. Л.Н. Рассказова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008. 528 с.
3. Использование водной энергии / Ю.В. Васильев, Х.А. Вельнер, Д.С. Щавелев и др.; Под ред. Д.С. Щавелева М.: Энергия, 1965. 563 с.
4. Использование водной энергии: Учебник для вузов / Под ред. Ю.С. Васильева. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1995. 608 с.
5. Козинец Г.Л. Численная оценка прочностной надежности высоконапорных водоводов при гидравлическом ударе // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 6 (32). С. 29-35.
6. Справочник по гидравлическим расчётам / Под ред. П.Г. Киселева. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1972. 312 с.

УДК 621.311.245

В.Я.Черкасов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАБОТЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Энергетический комплекс является одной из главных причин деградации и загрязнения окружающей среды. На фоне развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) приобретает актуальность вопрос измерения их влияния на экологию.

Использование энергии ветра является одним из наиболее экологичных и перспективных путей получения электричества, т.к. ветроэнергетические установки (ВЭУ) не производят токсичных выбросов. Ветер также является обширным, неисчерпаемым и доступным источником, что делает его использование жизнеспособной альтернативой ископаемому топливу. ВЭУ приобретают экономическую эффективность при среднегодовых значениях ветра от 5 м/с. Несмотря на огромный потенциал, существует целый ряд экологических воздействий, связанных с выработкой энергии ветра, которые должны быть признаны и смягчены.

Наиболее широко используются сетевые ВЭУ мегаваттного класса с горизонтальным расположением оси ветроколеса с тремя неподвижными или поворотными лопастями.

Цель работы – анализ экологического влияния ВЭУ на окружающую среду. Распространено мнение, что выработка электроэнергии за счет возобновляемых источников является дружественной по отношению к окружающей среде. Однако, ВИЭ обладают другим спектром воздействий на окружающую среду в отличие от традиционных источников. В рассмотренных автором материалах, в которых приводится технико-экономическое сопоставление традиционных видов получения энергии с ВИЭ, этот фактор либо не учитывается вовсе, либо упоминается вскользь, но не оценивается количественно. Таким образом, встает задача разработки новых методов, которые учитывают экономические факторы влияния.

Воздействие ВЭУ на окружающую среду можно подразделить на несколько видов: использование территорий ветровых парков, эрозия почв, влияние на ландшафт, экологические аспекты оффшорных ВЭУ, акустическое воздействие (шумовые эффекты), влияние на орнитофауну, отражение лопастями ВЭУ электромагнитных волн.

Воздействие объектов ветровой энергетики на землепользование существенно меняется в зависимости от места: ВЭУ, помещенные в равнинных районах, как правило, используют больше земли, чем те, которые расположены в холмистой местности. Тем не менее, ВЭУ не занимают всю эту территорию; они должны быть расположены на расстоянии от 5 до 10 диаметров ветроколес (ВК) друг от друга. Таким образом, ВЭУ и прилегающая инфраструктура (в том числе дороги и линий электропередач) занимают лишь небольшую часть общей площади используемой территории.

Исследование, проведенное Национальной лабораторией возобновляемых источников энергии (National Renewable Energy Laboratory), больших ВЭУ в США показало, что они используют от 0,12 км² до 0,57 км² (от 30 до 141 акра) земли на мегаватт выходной мощности (при использовании установок мощностью около 2 МВт). Однако, до 1 акра территории на мегаватт мощности деградирует на длительный период и до 3,5 га за мегаватт нарушаются временно на время возведения ветрового парка [1]. Остальная часть земли может быть использована для целого ряда других производственных целей, в том числе выпаса скота, сельского хозяйства, дорог, пешеходных троп [2]. В качестве альтернативы, ВЭУ могут быть расположены на старых (заброшенных или неиспользуемых промышленных землях) или других коммерческих и промышленных местах, что значительно снижает опасения по поводу использования земли [3].

Оффшорные ветряные объекты требуют больших пространств. В зависимости от их расположения, такие морские установки могут совмещаться с целым рядом других видов морской деятельности, таких как рыболовство, рекреационная деятельность, добыча песка и гравия, нефти и газа. Использование передового опыта в области планирования и размещения может помочь свести к минимуму потенциальное недоиспользование морских и наземных территорий [4].

Одним из наиболее значительных факторов влияния ВЭУ на окружающую среду является шумовой фон, возникающий при работе.

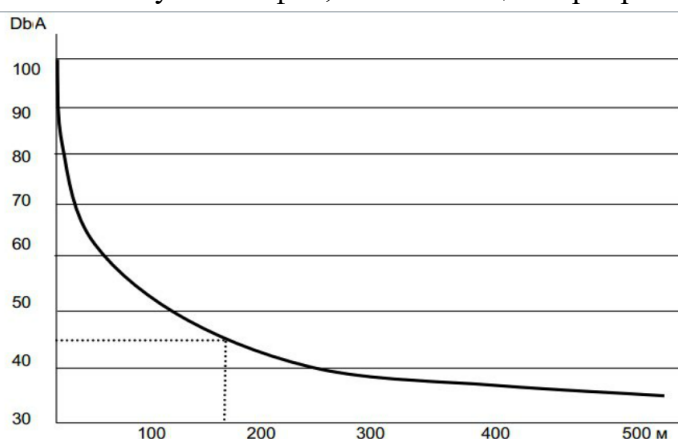


Рис. 1. Зависимость уровня шума ВЭУ от расстояния до основания башни на уровне земли

Источники акустического воздействия имеют разную природу, бывают механическими (шум от генератора, подшипников, редуктора) и аэродинамическими (зависит от формы лопасти и скорости её вращения). Исследования в целом поддержали мнение о том, что при правильном расположении ветровых турбин, они не влияют на здоровье человека посредством шума. Однако, при ненадлежащем расположении ВЭУ, данные мониторинга двух групп растущих гусей показали существенно более низкие массы тела и более высокие концентрации гормона стресса в крови первой группы, размещенной в 50 м от установки по сравнению со второй группой, которая располагалась на расстоянии 500 м от работающей турбины [6].

Смертность птиц на объектах ветроэнергетики может сильно варьироваться в зависимости от расположения, типа установки и высоты. Некоторые объекты отчитываются о нулевой смертности, а у других статистика доходит до 9,33 птиц на турбину в год [7]. Влияние ветровых турбин на птиц и летучих мышей было широко изучено и документально зафиксировано. Национальный координационный комитет по энергии ветра (National Wind Coordinating Committee, NWCC) опубликовал предварительное исследование смертей птиц и летучих мышей от столкновений с ветровыми турбинами из-за изменения давления воздуха, вызванного вращением турбин, а также из-за нарушения среды обитания. В NWCC пришли к выводу, что эти воздействия являются относительно низкими и не представляют угрозы для популяций видов [8].

Ветровые электростанции могут влиять на погоду в непосредственной близости от них. Турбулентность от вращения лопастей увеличивает вертикальное перемешивание тепла и водяного пара, которое влияет на метеорологические условия с подветренной стороны, в том числе на осадки [9]. В целом, использование ВЭУ приводит к небольшому потеплению в ночное время и небольшое охлаждение в дневное время. Этот эффект может быть уменьшен за счет использования более эффективных роторов или размещения ветровых электростанций в регионах с высокой степенью турбулентности. Прогрев в ночное время может принести пользу сельскому хозяйству за счет уменьшения заморозков и продления периода вегетации [10].

Также существует проблема помех, вызванных отражением от лопастей ветровых турбин электромагнитных волн, что может сказываться на качестве радиопередач, а также на работе навигационных систем в радиусе нескольких километров вокруг ветрового парка. Наилучшим способом решения данной проблемы будет размещение парка вдали от зоны коммуникаций.

В результате анализа влияния ВЭУ на окружающую среду было выявлено, что использование энергии ветра остается одной из самых «чистых» энергетических отраслей, влияние которой незначительно по сравнению с традиционными источниками энергии. Более того, вышеперечисленные воздействия можно уменьшить за счет размещения ВЭУ на неиспользуемых землях (оптимизация размещения), учета особенностей ландшафта,

Гrafик (рис. 1) показывает, что на расстоянии 300 м шумовое воздействие ВЭУ будет составлять не более 40 дВ, что соизмеримо с громкостью работы холодильника [5].

Однако, при

изыскания различных форм опорных конструкций, изменения частоты оборотов ВК, удаления от коммуникаций, замены материала лопастей ВК, расчета вероятности поражения птиц и снижения ветровой эрозии почв. Все эти факторы должны учитываться при возведении новых установок, чтобы минимизировать возможные негативные последствия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Denholm, P., M. Hand, M. Jackson, and S. Ong.. Land-use requirements of modern wind power plants in the United States. 2009. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
2. Hand, M.M.; Baldwin, S.; DeMeo, E.; Reilly, J.M.; Mai, T.; Arent, D.; Porro, G.; Meshek, M.; Sandor, D. eds. 4 vols. Renewable Electricity Futures Study. 2012. NREL/TP-6A20-52409. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
3. Brownfields' Bright Spot: Solar and Wind Energy [Электронные данные]: National renewable energy laboratory. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.nrel.gov/>. – Загл. с экрана.
4. Michel, J.; Dunagan, H.; Boring, C.; Healy, E. et al. Worldwide Synthesis and Analysis of Existing Information Regarding Environmental Effects of Alternative Energy Uses on the Outer Continental Shelf. 2007. MMS 2007-038. Prepared by Research Planning and ICF International. Herndon, VA: U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service.
5. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Издательство «Наука», 2013 г. – 166 с.
6. Mikolajczak, J; Borowski, S; Marć-Pieńkowska, J; Odrowaz-Sypniewska, G; Bernacki, Z; Siódmiak, J; Szterk, P. Preliminary studies on the reaction of growing geese to the proximity of wind turbines. 2013. Pol J Vet Sci. 16: 679–86.
7. Barclay, R.; Baerwald E.F.; Gruver J.C. Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities". Canadian Journal of Zoology. 85: 381–387. doi:10.1139/Z07-011.
8. Wind turbine interactions with birds, bats, and their habitats: A summary of research results and priority questions. [Электронные данные]: Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://energy.gov>. – Загл. с экрана.
9. Wind power found to affect local climate. [Электронные данные]: Scientific American. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.scientificamerican.com> – Загл. с экрана.
10. Impacts of wind farms on surface air temperatures. [Электронные данные]: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.pnas.org> – Загл. с экрана.

УДК 620.92

А.Л.Арабов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПУДОЖГОРСКОЙ ТЭЦ НА СМЕШАННОМ БИОТОПЛИВЕ

Технико-экономическое обоснование строительства объекта энергетики невозможно без оценки состояния экономики и энергетики региона, в котором планируется разместить электростанцию. Предполагаемым местом строительства Пудожгорской ТЭЦ является Пудожский район Республики Карелия, основу промышленности которой составляют лесопромышленный и горнопромышленный комплексы.

На территории республики с 2015 г. реализуется Пудожский мегапроект, который представляет из себя комплекс мер по созданию горно-промышленного узла и комплексному освоению месторождений Пудожгорского, Аганозерского и Аганозерского-2. Наиболее детально из них изучено Пудожгорское месторождение, оценка которого началась еще в 1931 г. Разведанные запасы титаномagnetитовых руд в нем составляют 316 млн. т. Прогнозные ресурсы оцениваются в 700 млн. т. Полезными компонентами являются железо, титан, ванадий, медь, золото, металлы платиновой группы. Помимо этого, в Пудожском

районе есть уникальное по масштабам Аганозерское месторождение хромовых руд, в пределах которого сосредоточены основные запасы и ресурсы этого сырья в России. Освоив Аганозерское месторождение и построив горно-обогатительный комбинат, здесь можно ежегодно добывать около 1 млн. т руды и производить 300 тыс. т хромового концентрата. Третьей составляющей Пудожского мегапроекта является уникальное по своим масштабам месторождение никеля и магния Аганозерское-2. Общие ресурсы месторождения составляют 2,6 млрд. т.

Однако возможности по разработке месторождений Пудожского мегапроекта ограничены несколькими факторами, одним из которых является нехватка электроэнергии в республике [1-4]. Собственное производство электроэнергии покрывает порядка 50% от общего электропотребления. Энергосистема Республики Карелия балансируется за счет получения электроэнергии из смежных энергосистем Санкт-Петербурга и Ленинградской области, Мурманской и Вологодской областей. На рис. 1 представлена динамика баланса электроэнергии энергосистемы Республики Карелия в 2008-2014 гг.

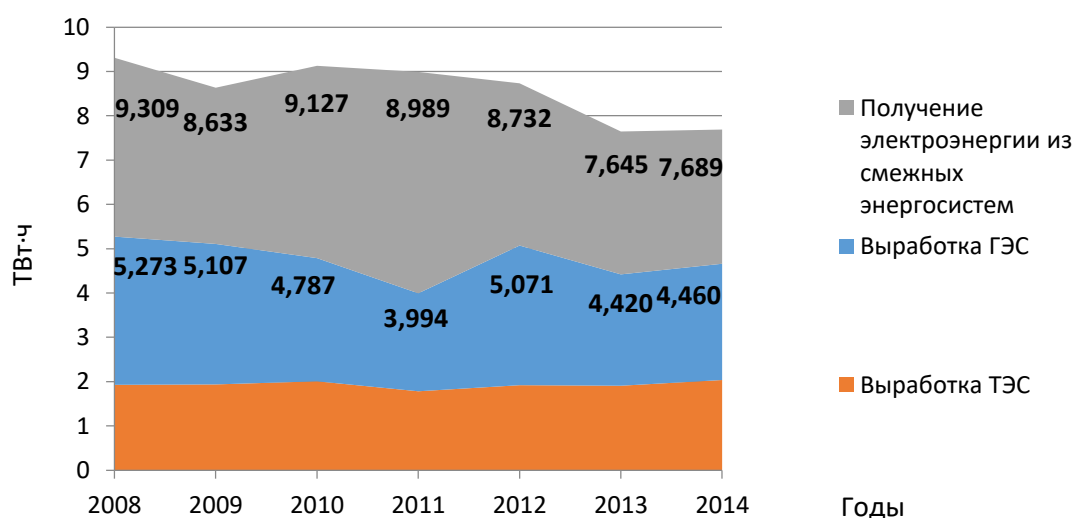


Рис. 1. Динамика балансов электроэнергии для Республики Карелия за 2008-2014 гг.

Очевидно, что Республика Карелия является энергодефицитным регионом. В такой ситуации реализация Пудожского мегапроекта возможна либо при строительстве новых электростанций в регионе и увеличении собственной генерации электроэнергии, либо при увеличении перетока энергии из смежных энергосистем, который повлечет за собой строительство дополнительных магистральных ЛЭП. Стоит также отметить, что Карелия лишена собственных ископаемых топливных ресурсов и при этом удалена от основных топливных баз страны. Пудожский район, в котором реализуется мегапроект, не газифицирован, следовательно, при использовании электростанций, работающих на традиционном топливе значительно возрастут затраты на топливо.

Наиболее рациональным решением проблемы дефицита энергосистемы Карелии является создание новых и развитие построенных ранее объектов ВИЭ. Строительство ТЭЦ, работающей на биомассе рационально потому, что Карелия является одним из наиболее заболоченных регионов Европейского Севера России. Болота и заболоченные площади занимают около 31% территории республики. Разведанные запасы торфяных месторождений оцениваются в 2 млрд. т. Реальный практический возобновляемый объем добычи топливного торфа в Карелии может достигать 0,8 млн. т у.т. в год [1,3]. При этом половина общей

площади болот южной Карелии приходится на Пудожский район [2]. Современные подходы к использованию торфа позволяют развивать его заготовку без ущерба для природы.

Анализ зарубежных технологий использования биотоплива в целях генерации тепловой и электроэнергии производился с акцентом на изучении опыта Финляндии в этой области. Существенную долю в топливно-энергетическом балансе Финляндии занимает именно твердое биотопливо (преимущественно торф) [5], также эта страна является мировым лидером по добыче торфа [6]. Немаловажно и то, что Республика Карелия граничит с Финляндией и расположена с нею на одних широтах, имеет одинаковые природно-климатические условия и, также как и Финляндия, лишена ископаемых топливных ресурсов. Опыт использования малых ТЭЦ и котельных, работающих на местном биотопливе, рассмотрен в работах [7-10]. Одним из примеров таких станций является ТЭЦ в городе Йоэнсуу, работающая на древесной биомассе и торфе. Мощность станции (при работе в конденсационном режиме) по выработке электроэнергии составляет 76 МВт.

Параметры Пудожгорской ТЭЦ были обоснованы с учетом указанных выше факторов. Ее установленная электрическая мощность составляет 24 МВт, а тепловая мощность – 52 МВт. На станции используются котлы с циркулирующим кипящим слоем. Принципиальная схема станции изображена на рис. 2.

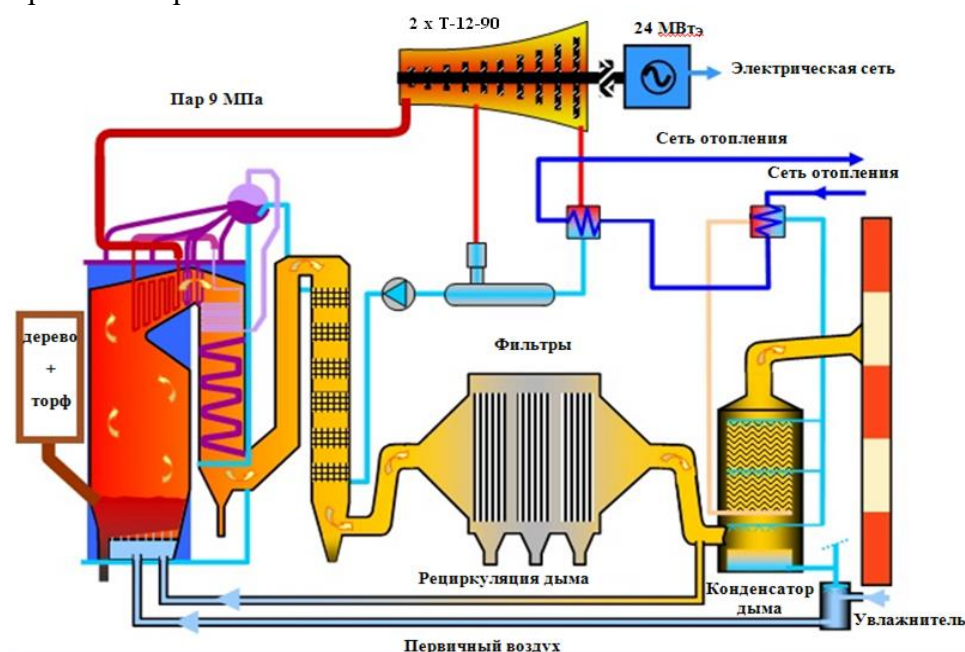


Рис. 2. Принципиальная схема ТЭЦ на смешанном биотопливе

Выводы: 1) Развитие экономики в условиях дефицита энергосистемы рационально с использованием местных энергоресурсов (биотопливо). 2) Обоснованы параметры Пудожгорской ТЭЦ на смешанном биотопливе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сидоренко Г.И., Сидоренко Д.Г. Модель оптимизации и рационального использования возобновляемых энергетических ресурсов Карелии. Журнал Экология промышленного производства, №4, 2007. с.10-22.
2. Борисов Г.А., Сидоренко Г.И. Энергетика Карелии. Современное состояние, ресурсы и перспективы развития. СПб.: Наука, 1999. 303 с.
3. Министерство Энергетики РФ. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. 2009. Москва.
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: 1999-2016. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://gks.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

5. Statistics Finland. Työpajankatu 13, FI-00580 Helsinki, available on-line at <http://findikaattori.fi/en/25>, (Updated: 14.12.2015)
6. U.S. Geological Survey, [year of last update 2014], statistics, in Kelly, T.D., and Matos, G.R., comps., Historical statistics for mineral and material commodities in the United States: U.S. Geological Survey Data Series 140, available on-line at <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/historical-statistics/>
7. Тринченко А.А., Шестаков С.М. Анализ работы отопительного котла Белоостровской котельной, переведенного на сжигание древесных отходов // XXIX Неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч.II: С.65-67, 2001. – Энергомашиностроительный факультет и филиал СПбГТУ в г. Сосновый Бор
8. Martti Härkönen. Woodbased fuels in small-scale regional heating plants. Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulu, 2012. p. 64
9. Безруких П.П., Сидоренко Г.И. О климатической информации для производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии // Метеоспектр, 2016, №1, с. 59-68
10. Сидоренко Г.И., Михеев П.Ю. Оценка энергетической эффективности жизненных циклов энергетических объектов на основе ВИЭ. Сборник материалов XXI международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития экономики», г.Алушта, 19-24 сентября 2016, Москва-Симферополь, 2016, с.251-259, ISBN 978-5-91936-076-6 GS

УДК 69.003.13

И.О.Калинин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Учебно-оздоровительная база «Южный» в пос. Новомихайловский имеет координаты 44°14'21" СШ, 38°50'17" ВД. На базе расположены три жилых корпуса, в которых можно разместить до 500 человек.

На территории учебно-оздоровительной базы «Южный» установлены две системы солнечных тепловых коллекторов, которые предназначены для обеспечения потребности в горячей воде.

Цель работы: технико-экономическое обоснование установки СФЭУ на территории учебно-оздоровительной базы «Южный».

Для оценки экономической эффективности создания СФЭУ были произведены измерения интенсивности солнечной радиации с помощью пиранометра Янишевского [1, 5]. Результаты измерений за день при небольшой облачности приведены на рис. 1. Максимальное значение солнечной радиации в дневной период достигает 850 Вт/м². Снижение прихода солнечной радиации в 14 ч обусловлено облачностью.

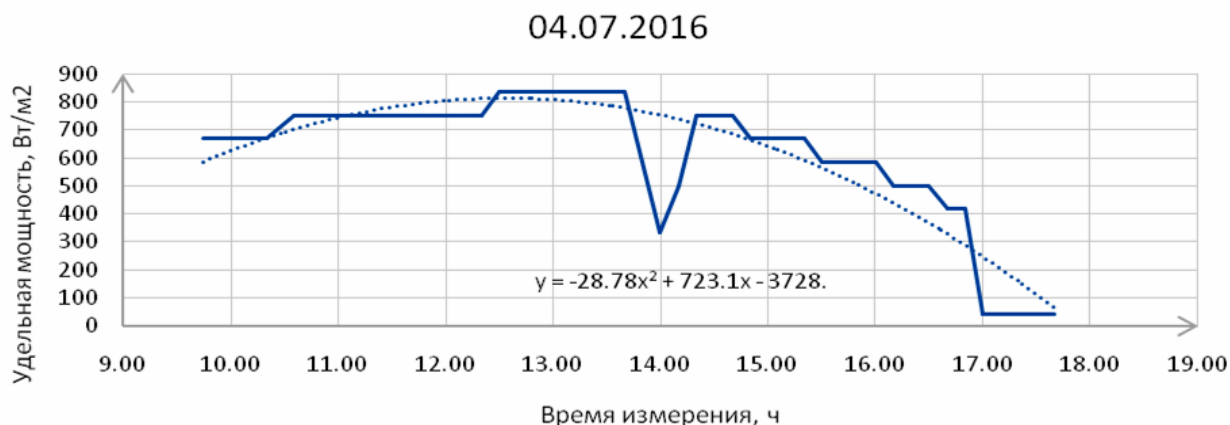


Рис. 1. График зависимости удельной мощности солнечного излучения от времени

В работе разработана модель и метод оптимизации системы электроснабжения на базе СФЭУ применительно к п. Новомихайловский.

Оптимизация проводилась для СЭС со следующими типами солнечных фотоэлектрических установок (параметр R): 1) Непрерывно следящая за Солнцем фотоэлектрическая установка с концентраторами солнечного излучения и многопереходными элементами. 2) Неподвижная южноориентированная, наклоненная под углом широты места, фотоэлектрическая установка с плоскими кремниевыми модулями.

В качестве оптимизируемых параметров были выбраны: 1) площадь солнечной фотоэлектрической установки – $S^{\text{СФЭУ}}$, м²; 2) количество аккумуляторных батарей – $n^{\text{АБ}}$, шт.; 3) тип солнечной фотоэлектрической установки – R .

При оптимизации СЭС принимались следующие допущения:

1. Исследования [2] показали, что изменение значений КПД неподвижной СФЭУ с плоскими кремниевыми модулями в зависимости от величины атмосферной массы незначительно и составляют 3%. Поэтому при моделировании режимов работы таких типов установок значение их КПД принималось независимым от спектрального состава солнечного излучения.

2. При моделировании режимов работы аккумуляторной батареи значения разрядного и зарядного напряжения принимались постоянными, независимыми от степени заряда батареи.

Оптимальный вариант системы электроснабжения определялся на основе минимума целевой функции: $Z_{\Sigma}^{\text{СЭС}} = f(S^{\text{СФЭУ}}, n^{\text{АБ}}, R) \rightarrow \min$ [3], где $Z_{\Sigma}^{\text{СЭС}}$ – суммарные затраты на систему электроснабжения в течение планируемого времени эксплуатации, руб. Суммарные затраты на систему электроснабжения рассчитывались как сумма капитальных вложений $K_{\Sigma}^{\text{СЭС}}$ и суммарных издержек $I_{\Sigma}^{\text{СЭС}}$, необходимых для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей, в течение времени функционирования СЭС:

$$Z_{\Sigma}^{\text{СЭС}} = K_{\Sigma}^{\text{СЭС}} + \sum_{t=1}^T \frac{I_{\Sigma_t}^{\text{СЭС}}}{(1+r)^t},$$

где t – номер расчетного года; T – планируемый срок службы системы электроснабжения, лет [4].

Начальные затраты на создание системы электроснабжения включают стоимость элементов системы и стоимость их установки, руб.:

$$Z_{\text{кап}}^{\text{СЭС}} = Z_{\text{обор}}^{\text{СЭС}} + Z_{\text{уст}}^{\text{СЭС}} = (1 + k_{\text{уст}}^{\text{СЭС}}) \cdot Z_{\text{обор}}^{\text{СЭС}},$$

где $Z_{\text{обор}}^{\text{СЭС}}$ – капитальные затраты на покупку элементов системы; $Z_{\text{уст}}^{\text{СЭС}}$ – затраты на установку и монтаж принимаемые как процент, $k_{\text{уст}}^{\text{СЭС}}$, от общих капитальных затрат на оборудование ($Z_{\text{уст}}^{\text{СЭС}} = Z_{\text{обор}}^{\text{СЭС}} \cdot k_{\text{уст}}^{\text{СЭС}}$) [6].

Капитальные затраты на приобретение элементной базы системы электроснабжения определялись как сумма затрат (руб.) на: солнечную фотоэлектрическую установку, аккумуляторные батареи, контроллер, инвертор, блок автоматики, дополнительное энергетическое оборудование (провода, клеммы, соединительные устройства) [7]:

$$Z_{\text{обор}}^{\text{СЭС}} = Z^{\text{СФЭУ}} + Z^{\text{АБ}} + Z^{\text{КОНТР}} + Z^{\text{ИНВ}} + Z^{\text{БА}} + Z^{\text{ДОП}}.$$

Капитальные затраты на СФЭУ определялись как: $Z^{\text{СФЭУ}} = P_{\text{пик}}^{\text{СФЭУ}} \cdot C_{\text{Вт}}^{\text{уст.мощн}}$, где $P_{\text{пик}}^{\text{СФЭУ}}$ – пиковая мощность СФЭУ; $C_{\text{Вт}}^{\text{уст.мощн}}$ – стоимость одного Вт установленной мощности СФЭУ

Капитальные затраты на аккумуляторные батареи зависят от количества аккумуляторных батарей, установленных в системе: $Z^{AB} = Z^{AB_1} \cdot n^{AB}$, где Z^{AB_1} – капитальные затраты на одну АБ; n^{AB} – расчетное количество АБ.

Затраты на дополнительное оборудование рассчитывались как процент, $k^{ДОП}$, от общих капитальных затрат на приобретение элементов системы: $Z^{ДОП} = k^{ДОП} \cdot Z^{СЭС}$

Ежегодные расходы на заработную плату $I_{з/пл}^{СЭС}$ устанавливаются как доля капитальных затрат $k_{обсл}^{СЭС}$: $I_{з/пл}^{СЭС}(l) = Z_{кап}^{СЭС} \cdot k_{обсл}^{СЭС}$.

Эксплуатационные расходы на капитальный и текущий ремонт отражают необходимость ремонта или полной замены компонентов энергетической системы в различных интервалах времени функционирования. Стоимость полной замены оборудования для года определяется как сумма расходов на замену: СФЭУ $I^{СФЭУ}$, аккумуляторных батарей I^{AB} , контроллера, инвертора и др. дополнительного оборудования $I^{ЭлОБ}$, в течение года:

$$I_{зам}^{СЭС}(l) = I^{СФЭУ}(l) + I^{AB}(l) + I^{ЭлОБ}(l).$$

Все компоненты ремонтируются или заменяются каждые Y лет в соответствии с их техническими характеристиками [8]. Средняя себестоимость электроэнергии за период

функционирования системы электроснабжения находится по формуле: $C_{ср}^{эл.эн.} = \frac{Z_{\Sigma}^{СЭС}}{(P_{год}^{СФЭУ}) \cdot Y}$,

где $P_{год}^{СФЭУ}$ – годовая выработка электроэнергии солнечной фотоэлектрической установкой, кВт·ч.

С учетом оптимизируемых параметров и критерия выбора оптимального варианта СЭС разработан алгоритм оптимизации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В., Грилихес В.А., Аронова Е.С. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения»: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 100 с.
2. Аронова Е.С. Методика обоснования параметров систем автономного энергоснабжения на базе солнечных фотоэлектрических установок. Автореферат дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук, СПб, Издательство СПбГПУ, 2010. 23 с.
3. Безруких П.П., Сидоренко Г.И. и др. «Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России» СПб.: Наука, 2002.
4. Сидоренко Г.И., Кудряшева И.Г., Пименов В.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Техничко-экономический анализ. Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 248 с.
5. Акентьева Е.М., Кобышева Н.В., Сидоренко Г.И. и др. Климатические факторы возобновляемых источников энергии. СПб: Изд-во «Наука», 2010.
6. Оценки ресурсов возобновляемых источников энергии в России: справочник – учебное пособие / Ю.С. Васильев и др. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 250 с.
7. Безруких П.П., Безруких П.П., Сидоренко Г.И. О климатической информации для производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии // Метеоспектр, 2016, № 1, с.59-68
8. Сидоренко Г.И., Михеев П.Ю. Оценка энергетической эффективности жизненных циклов энергетических объектов на основе ВИЭ, Сборник материалов XXI международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития экономики», г. Алушта, 19-24 сентября 2016, Москва-Симферополь, 2016, с.251-259, ISBN 978-5-91936-076-6

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Общий теоретический гидроэнергетический потенциал (ГЭП) Центрально-Азиатского региона оценивается в 750 ТВт·ч, в том числе технический ГЭП составляет 305,8 ТВт·ч. Распределение технического ГЭП по республикам дано в таблице 1. Фактическое использование ГЭП составляет: в Казахстане – 13%, в Киргизской Республике – 14%, в Таджикистане – 11% и в Узбекистане – 22,9% [1].

Таблица 1

Технический ГЭП Центрально-Азиатского региона, ТВт·ч

Всего	В том числе по Республикам:			
	Таджикистан	Кыргызстан	Казахстан	Узбекистан
305,8	143,6	72,9	61,9	27,4

Достигнутые к 1990 г. темпы гидроэнергетического строительства в Узбекистане и других государствах Центрально-Азиатского региона в последующий период были заметно снижены. Ввод гидроэнергетических мощностей по республикам представлен в табл. 2 [1].

Таблица 2

Ввод гидроэнергетических мощностей в Центральной Азии в 1961-2006 гг., МВт

Сроки ввода	Узбекистан	Таджикистан	Кыргызстан	Туркмения	Итого МВт
Введено до 1961 г.	508	182,4	29,8	4,0	724,2
Введено с 1961 по 1990 год	1195,5	3726	2470	-	7391,5
Вводы с 1991 по 2006 год	33	24	240	-	297
Итого:	1736,5	3932,4	2739,8	4,0	8412,7

Методические вопросы расчета гидроэнергетического потенциала изложены в ряде работ [1, 2, 5, 6]. Детальные исследования проведены в [6]. Однако гидрологическая база наблюдений за стоком положенная в основу расчетов была слабой. Максимальная длина рядов наблюдений не превышала 24 лет. Кроме того, значительно возросло водопотребление в Республике Узбекистан. Оказывают влияние на ГЭП и климатические изменения [7]. В [2] разработана современная компьютерная технология для проведения автоматизированных расчетов ГЭП Узбекистана с учетом новых данных по стоку и его использованию. Разработаны и методики обоснования местоположения ГЭС на водотоке и обоснования их параметров [3, 4, 8, 9].

Цель работы: Исследовать гидроэнергетические ресурсы Узбекистана, разработать новый компьютерный водноэнергетический кадастр и обосновать на его основе схему развития гидроэнергетики.

Согласно [1, 6] на уровне 1960 г. гидроэнергетические ресурсы Узбекистана, оценивались следующим образом: 1) общий валовой теоретический гидроэнергетический потенциал речного стока – 88,5 ТВт·ч, в том числе крупных водотоков – 88,1 ТВт·ч; средних – 3,0 ТВт·ч/год и малых – 4,4 ТВт·ч; 2) технический гидроэнергетический потенциал – 27,4 ТВт·ч, в том числе крупных водотоков – 23,6 ТВт·ч; средних – 1,5 ТВт·ч; малых – 2,3 ТВт·ч/год.

Реки Узбекистана разделены на четыре группы: 1) крупные с потенциальной мощностью свыше 200 МВт; 2) крупные водотоки с потенциальной мощностью от 100 до 200 МВт; 3) средние водотоки с потенциальной мощностью от 2 до 100 МВт; 4) малые водотоки с потенциальной мощностью до 2 МВт.

В Узбекистане насчитывается 41 построенная ГЭС. На сегодняшний день действует 36 ГЭС с суммарной установленной мощностью около 2,2 ГВт. Все построенные и действующие ГЭС работают в энергосистеме Узбекистана; из них 29 ГЭС с установленной мощностью 1,854 ГВт принадлежат ГАК «Узбекэнерго» и 7 станции с установленной мощностью 0,394 ГВт – Министерству сельского и водного хозяйства.

Станции ГАК «Узбекэнерго» объединены в 7 каскадов ГЭС (кроме Фархадской ГЭС). Таким образом, в 2015 г. в энергосистеме Узбекистана выработка электроэнергии на всех электрических станциях страны составила 56,9051 ТВт·ч, в том числе на ГЭС в системе ГАК «Узбекэнерго» 5,2526 ТВт·ч. Первенец гидроэнергетики Узбекистана – Бозсуйская ГЭС установленной мощностью 4 МВт была построена на арыке Бозсу вблизи от г. Ташкента в 1926 г. Затем на этом же канале были построены Кадыринская установленной мощностью 13,2 МВт (1933 г.) и Бурджарская ГЭС установленной мощностью 6,4 МВт (1936 г.).

В 1938-41 гг. были построены верхние деривационные ГЭС – Таваксайкая установленной мощностью 72 МВт и Комсомольская (ныне Чирчикская им. Логинова) установленной мощностью 84 МВт с головным водозаборным узлом на р. Чирчик у города Газалкента. В годы Великой Отечественной войны на ар. Бозсу были построены 6 ГЭС и после войны, до 1955 г. еще 5 ГЭС. В 1943 г. строительством деривационного канала Актёпинской ГЭС (установленная мощность 13,5 МВт) соединены арыки Бозсу и Нижнее Бозсу, а в 1951 г. деривационным каналом Аккавакской ГЭС №1 (установленная мощность 34,7 МВт) от отводящего канала Комсомольской ГЭС сомкнулись верхний деривационный канал с арыком Бозсу.

Образовался единый водно-энергетический Чирчик-Бозсуйский тракт, протянувшийся на 170 км по правобережной долине реки Чирчик, от Газалкентской плотины до р. Сырдарьи, общим падением 420 м, с каскадом из 16 действующих ГЭС, являющийся одновременно крупным магистральным каналом для орошения правобережных земель долины реки Чирчик на общей площади 278 тыс. га. Суммарная установленная мощность ГЭС каскада на Чирчик-Бозсуйском тракте составляет 315,2 МВт, среднемноголетняя выработка электроэнергии 1,67 ТВт·ч.

В период с 1962 по 1982 гг. выше Газалкентской плотины на р. Чирчик были построены крупные ГЭС: Чарвакская, установленной мощностью 620 МВт (1962-1972 гг.), Ходжикентская, установленной мощностью 165 МВт (1971-1976 гг.) и Газалкентская, установленной мощностью 120 МВт (1977-1981 гг.). Вышеперечисленные ГЭС имеют суммарную установленную мощность 910 МВт со среднемноголетней выработкой электроэнергии 2,978 ТВт·ч.

Водохранилище Чарвакской ГЭС полной емкостью 1,9 и полезной 1,58 км³ осуществляет сезонное регулирование стока реки Чирчик (апрель-август), сработка осуществляется по требованиям водопотребителей в бассейне Чирчика и низовий р. Сырдарьи.

Работа выполнена под руководством профессора кафедры «Водохозяйственное и гидротехническое строительство» ИСИ, д.т.н. Сидоренко Г.И.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гидроэнергетические ресурсы СССР. Под ред. А.Н.Вознесенского, М. Наука. 1967.
2. Сидоренко Г.И. Основы и методы определения комплексного потенциала возобновляемых энергоресурсов региона и его использования. Автореф. дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург, 2006. 33 с.
3. Климатические факторы возобновляемых источников энергии. Под ред. В.В. Елистратова, Н.В. Кобышевой, Г.И. Сидоренко. СПб.: Наука, 2010. 235 с.

4. Сидоренко Г.И., Сидоренко Д.Г. Модель оптимизации и рационального использования возобновляемых энергетических ресурсов Карелии // Экология промышленного производства, №4, 2007. с. 10-22.
5. Борисов Г.А., Сидоренко Г.И. Энергетика Карелии. Современное состояние, ресурсы и перспективы развития. СПб.: Наука, 1999. 303 с.
6. Захидов А.З., Чернова А.Ф. Водноэнергетические ресурсы рек Узбекской ССР. Изд. АН УзССР, Ташкент. 1963.
7. Акентьева Е.М., Сидоренко Г.И., Тюсов Г.А. К оценке влияния наблюдаемых и ожидаемых в будущем климатических изменений на гидроэнергетический потенциал регионов РФ // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, 2014. Вып. 570, с. 95-105
8. Васильев Ю.С., Заиров Х.И. Состояние и перспективы гидроэнергетики Узбекистана // Водное хозяйство за рубежом, 2015.
9. Sidorenko G.I., Alimirzoev A.S. Multicriterion optimization of power sites location on the watercourse // Applied Mechanics And Materials. 2015. №725-726, pp. 293-298.

УДК 620.92

В.А.Бобков

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ПОДГОТОВКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Подготовка исходных данных, таких как ресурсы и природно-климатические характеристики, рельеф местности, является наиважнейшим этапом при проектировании, от результата которого зависит качество выполнения проектных работ или технико-экономического обоснования [1]. В настоящее время основу первичной оценки ресурсов на местности составляют данные реанализа метеорологических параметров [2]. Реанализом называется систематический подход по определению наборов метеорологических данных с привязкой к сети узлов. Наиболее известные наборы данных реанализа: ERA-Interim, ERA-40, CFSR, MERRA. Шероховатость подстилающей поверхности содержится в банке реанализа Globcover, а данные рельефа в Aster и SRTM. В данной работе используются данные реанализа Merra2, которые содержат параметры скорости ветра, солнечной инсоляции и температуры окружающей среды [3].

Цель работы – автоматизировать трудоемкий процесс поиска и обработки исходных данных для проектирования и технико-экономического обоснования электростанций на основе ВИЭ.

Данные реанализа Merra2 доступны через сеть интернет по протоколу HTTP. Необходимые данные можно получить, перейдя по заранее подготовленной URL-ссылке, содержащей информацию о названии необходимого метеорологического параметра, временном ряде, широте и долготе точки наблюдения. Большинство этих информационных параметров задаются в виде индексов, вычисляемых по определённым правилам.

Запрашиваемые данные приходят в виде текстового файла, состоящего из индексов временных рядов и значений запрашиваемого метеорологического параметра. Анализ данных в таком виде затруднён и требует преобразование формата данных.

Для разрешения данных проблем было принято решение создать программу с графическим интерфейсом, которая будет брать на себя задачи формирования URL, скачивания и преобразования данных. Программа представляет сложную предметную область, поэтому языком программирования был выбран Java, позволяющий реализовать весь необходимый функционал [4].

Главное окно программы включает основную панель меню, содержащую пункт «File». Меню «File» состоит из трёх пунктов: «Open», «Download» и «Close». С помощью пункта Download можно сформировать ссылку или сразу загрузить необходимые данные (рисунок).

При нажатии кнопки «Загрузить данные» будет предложено выбрать директорию, в которой сохранятся данные. После выбора директории и загрузки данных, можно ими воспользоваться. Программа сохраняет файл в удобный для чтения и дальнейшей обработки формат данных «csv». Эти данные можно использовать в таких прикладных программах, как Excel без дополнительных преобразований.

Рис. Окно загрузки данных

В результате выполнения работы получен удобный инструмент для поиска и обработки данных реанализа.

Автоматизация процесса поиска и обработки данных позволяет использовать данные реанализа для дальнейшего проектирования станций на основе ВИЭ. В будущем планируется автоматизировать часть процесса проектирования, а именно, анализ ресурсов и подбор основного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Конищев М.А., Воробьёв О.Е. К вопросу уточнения методики расчета поступления солнечных ресурсов в условиях ограниченной климатической информации// Сб. докладов молодёжной НПК в рамках Недели науки СПбПУ, НОЦ «ВИЭ». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 60-63.
2. Сливканич М.А., Дюльдин М.В., Елистратов В.В. Использование данных баз реанализа для повышения достоверности оценки ветроэнергетических ресурсов // Сб. трудов конф. «Возобновляемая энергетика XXI век: энергетическая и экономическая эффективность. REENCON-2015». М.: Изд-во Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2015. С. 304-309.
3. Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. данные. – Режим доступа: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/recipes/?q=recipes/How-to-Obtain-Spatial-Subsetted-Time-Series-in-ASCII-Format-via-GDS>. – Загл. с экрана.
4. Aruoba S. B., Fernández-Villaverde J. A comparison of programming languages in economics. – National Bureau of Economic Research, 2014. № w20263.

УПРАВЛЕНИЕ ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ НА ПРИМЕРЕ ЗАРАМАГСКОЙ ГЭС

Планирование оптимальных суточных и недельных водно-энергетических режимов энергетических систем позволяет, среди ряда других преимуществ, определить оптимальные режимы работы каскада ГЭС с учетом многочисленных ограничений (водохозяйственных, энергетических и др.). Среди ряда требований, предъявляемых к оптимальным режимам работы каскада ГЭС, следует выделить главный – рациональное участие в покрытии графика электропотребления в течение заданного промежутка времени. Оптимальный режим работы, среди прочих, с учетом рационального покрытия графика нагрузки обеспечивает достижения экстремального значения по выбранному критерию (доход от продажи электроэнергии, минимум издержек эксплуатации и др.).

Оптимизация режима двух ГЭС, как сложная задача математического моделирования, решается для использования в АСУ ТП ГЭС. АСУ ТП гидроэнергетического объекта осуществляет автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для выбора и реализации оптимального управления каскадом ГЭС в конкретных природно-климатических, экономических, энергетических, экологических и социальных условиях [1].

Оптимизация режимов работы каскада ГЭС в составе энергосистемы приводит к увеличению выработки ГЭС, экономии ископаемого топлива и энергоресурсов энергосистемы.

Цель работы – разработка методики оптимального управления краткосрочными режимами работы каскада гидроузлов Головной ГЭС-Зарамагской ГЭС-1 для принятия решений в рамках АСУ ТП Зарамагского каскада ГЭС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Создать балансовую модель для определения режимов работы каскада ГЭС в составе энергосистемы республики Северная Осетия - Алания. В этой модели управляемыми параметрами являются распределения мощностей ГЭС каскада во времени.

2. Разработать имитационную модель гидравлических процессов в каскаде, возникающих при регулировании режима каскада. Использование модели позволит получить информацию о динамике изменения уровней воды и расходах в различных сечениях подводящей деривации.

3. Провести оптимизацию ВЭР каскада с учётом времени добегания и ограничений, накладываемых водохозяйственной, энергетической и другими системами. Критерием поиска оптимального режима принимается минимум издержек эксплуатации при максимальном участии мощностями в графике нагрузки.

Основные характеристики Зарамагского каскада ГЭС приведены в табл. 1.

На первом этапе исследований разработана упрощенная балансовая модель мощностей каскада Зарамагских ГЭС. Модель вида

$$N_{ГЭС\_1\_i}(Q_{ГЭС\_1\_i}) + N_{ГОЛОВН\_i}(Q_{ГОЛОВ\_i}) = P_{НАГР\_i}^{ЗАР}, \quad i = 1, \dots, 24$$

позволяет получить требуемые величины расходов ГЭС каскада, обеспечивающие заданную каскаду нагрузку [3] (рис. 1). Здесь $N_{ГЭС\_1\_i}$, $Q_{ГЭС\_1\_i}$ – развиваемая мощность и расход Зарамагской ГЭС-1 в час i ; $P_{НАГР\_i}^{ЗАР}$ – нагрузка каскада, которая должна быть обеспечена мощностями ГЭС каскада.

Таблица 1

Основные водно-энергетические показатели гидроузла Зарамагских ГЭС

	Головная ГЭС	Зарамагская ГЭС-1
НПУ водохранилища, м	1690,6	
УМО водохранилища, м	1690	
НПУ бассейна суточного регулирования, м	–	1635,58
УМО бассейна суточного регулирования, м	–	1626,82
Установленная мощность, МВт	15	342
Число агрегатов	1	2
Расчётный расход, м ³ /с	≤ 65	65
Годовая выработка электроэнергии, ГВт·ч	29,8	842
Номинальная мощность турбины, МВт	15	171
Тип гидротурбины	ПЛ70-В-140	К600-В6-341,2
Номинальная мощность турбины, МВт	15	171
Среднегодовой сток, млн. м ³	530	

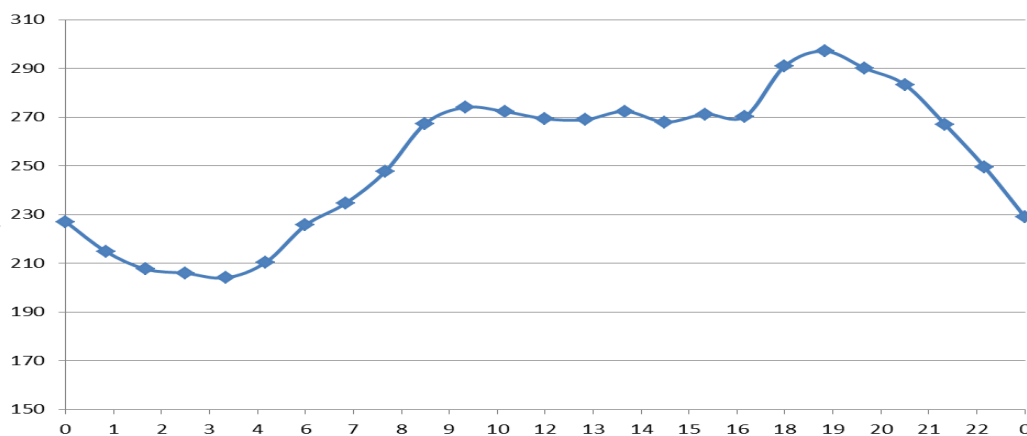


Рис. 1. Характерный суточный график нагрузки в энергетической системе (по горизонтальной оси – время t в часах, по вертикальной величина нагрузки $P_{НАГР}$ в МВт)

На рис. 2 показаны некоторые характерные графики режима работы Головной ГЭС и Зарамагской ГЭС [2].

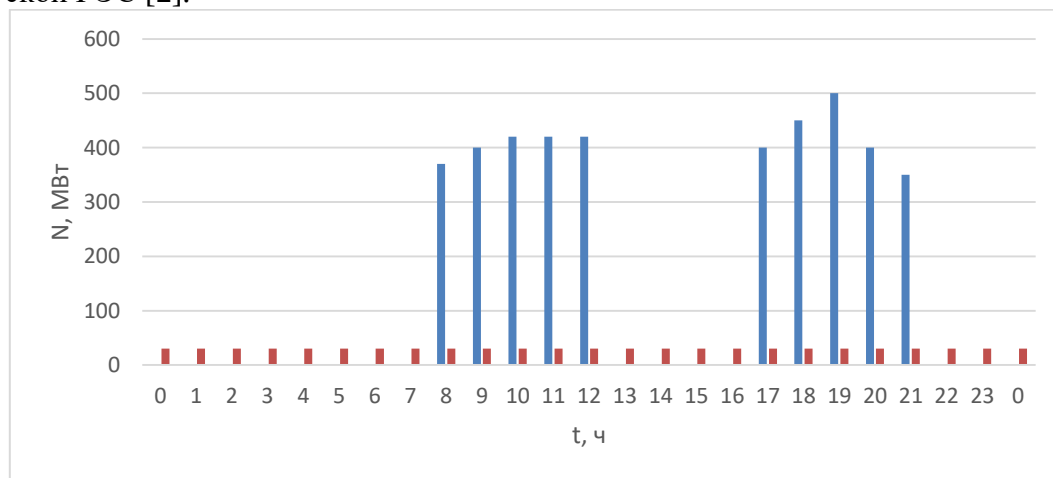


Рис. 2. Графики нагрузки Зарамагской ГЭС-1 и Головной ГЭС в штатном режиме работы

Регулирование режимами осуществляется путём управления попусками [4]. Наиболее важным элементом каскада является Зарамагская ГЭС-1, поскольку имеет значительно большую установленную мощность (табл. 1). ГЭС-1 соединена безнапорным деривационным туннелем с Головной ГЭС (рис. 3). В такой схеме главной задачей является управление режимами ГЭС-1 – Головной ГЭС с учетом времени добегания расходов воды от створа Головной ГЭС до БСР Зарамагской ГЭС-1.



Рис. 3. Ситуационный план каскада Головная ГЭС – Зарамагская ГЭС-1

В результате работы разработан упрощенный прототип модели оптимизации режима работы каскада гидроузлов Головной ГЭС-Зарамагской ГЭС-1, в которой учитываются особенности схемы водопроводящего тракте. Модель нестационарного движения воды в водопроводящем тракте каскада построена на основе уравнений Сен-Венана.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Васильев Ю.С., Жакова Т.С., Саморуков И.С. Автоматизированное управление в гидроэнергетике. Учебное пособие. Изд-во Политехн. ун-та. 2007. 132 с.
2. Веников В.А., Журавлев В.Г., Филлипова Т.А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем: Учебник для ВУЗов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 352 с.
3. Сидоренко Г.И. Оценка энергоэффективности Путкинской гидроэлектростанции Кемского каскада // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева 2014, №271 с.83-93.
4. Безруких П.П., Безруких П.П., Сидоренко Г.И. О климатической информации для производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии // Метеоспектр, 2016, №1, с.59-68

УДК 621.311.24

Н.С.Орлова, Т.Л.Симанкина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ БЕЗУБЫТОЧНОСТИ ПРОЕКТА ЗАРАМАГСКОЙ ГЭС-1

Зарамагская ГЭС-1 установленной мощностью 342 МВт и среднегодовой выработкой электроэнергии $\mathcal{E} = 723,775$ млн. кВт×ч размещается в Республике Северная Осетия – Алания. Энергетическая обстановка здесь напряжена из-за дефицита органического топлива и необходимости демонтажа части изношенного оборудования электростанций. В энергосистеме отмечается дефицит электроэнергии, который сократится с 80 до 30% при вводе в эксплуатацию Зарамагской ГЭС-1 [1].

Цель работы – оценить показатели эффективности инвестиций в проект Зарамагской ГЭС-1 и определить условия, при которых проект будет безубыточен.

Исходными данными к проведению анализа безубыточности проекта послужили сметная стоимость строительства, данные о притоке денежных средств (выручка от

реализации электроэнергии, привлечение заемного капитала) и оттоке денежных средств (капитальные затраты, выплаты процентов по кредиту, амортизационные отчисления на оборудование и сооружения по линейной схеме, заработная плата обслуживающего персонала и выплата налогов), прогнозные цены реализации электроэнергии за 2016-2065 гг. [2] и индексы инфляции [3]. Ставка дисконтирования принята равной 10%.

Сметная стоимость строительства Зарамагской ГЭС-1 в ценах 4 квартала 2011 г. составила 24314,37 млн. рублей, в том числе [4]: строительно-монтажных работ – 18190,22 млн. руб., оборудования и прочих затрат – 6124,15 млн. руб. С учетом индексов пересчета сметной стоимости строительно-монтажных работ и оборудования, стоимость в ценах на 1 квартал 2016 г. составила 31129,68 млн. руб., в том числе: строительно-монтажных работ – 23769,46 млн. руб., оборудования и прочих затрат – 7360,22 млн. руб.

Рассматривалось несколько схем финансирования проекта:

1. 100% собственных средств (31129,68 млн. руб.);
2. 50% собственных средств и 50% кредита (по 15564,84 млн. руб.);
3. 70% собственных средств и 30% кредита (21790,776 млн. руб. и 9338,904 млн. руб. соответственно);
4. 30% собственных средств и 70% кредита (9338,904 млн. руб. и 21790,776 млн. руб. соответственно).

Оценка коммерческой эффективности инвестиционного проекта, характеризующая с финансово-экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения, произведена в программном комплексе Альт Инвест 6 для всех схем финансирования и выполнена по системе следующих показателей:

1. Чистый дисконтированный доход (NPV).
2. Дисконтированный срок окупаемости (PBP).
3. Внутренняя норма доходности (IRR).
4. Индекс прибыльности (PI).

Значения показателей эффективности для всех вариантов финансирования приведены на рис. 1.

Отрицательное значение NPV, $IRR < r = 10\%$ и $PI < 1$ показывают, что рассмотренные варианты инвестиций в проект Зарамагской ГЭС-1 являются неэффективными при данных ценах реализации электроэнергии и годовой ставке дисконтирования 10%.

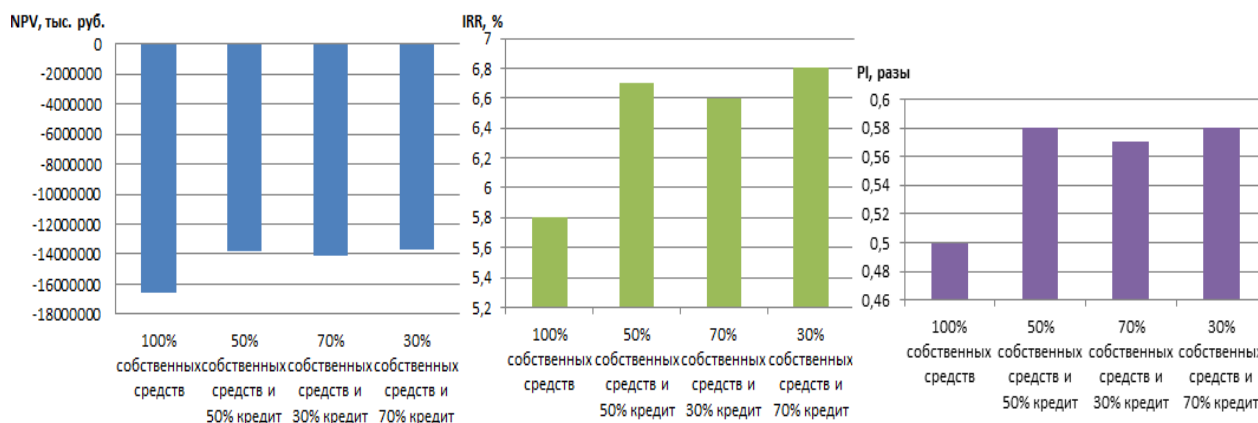


Рис. 1. Динамика изменения показателей эффективности при различных схемах финансирования

Проведем анализ безубыточности проекта, т.е. определим, при каких условиях инвестиции в проект будут эффективны? Для этого смоделируем изменение цены реализации электроэнергии с шагом 10% и определим значение цены, при которой проект будет эффективным. В качестве базисного варианта примем результаты расчета

эффективности инвестиций при четвертой схеме финансирования, а именно, 30% собственных средств и 70% кредита. Результаты определения показателей эффективности при изменении цены реализации электроэнергии приведены на рис. 2.

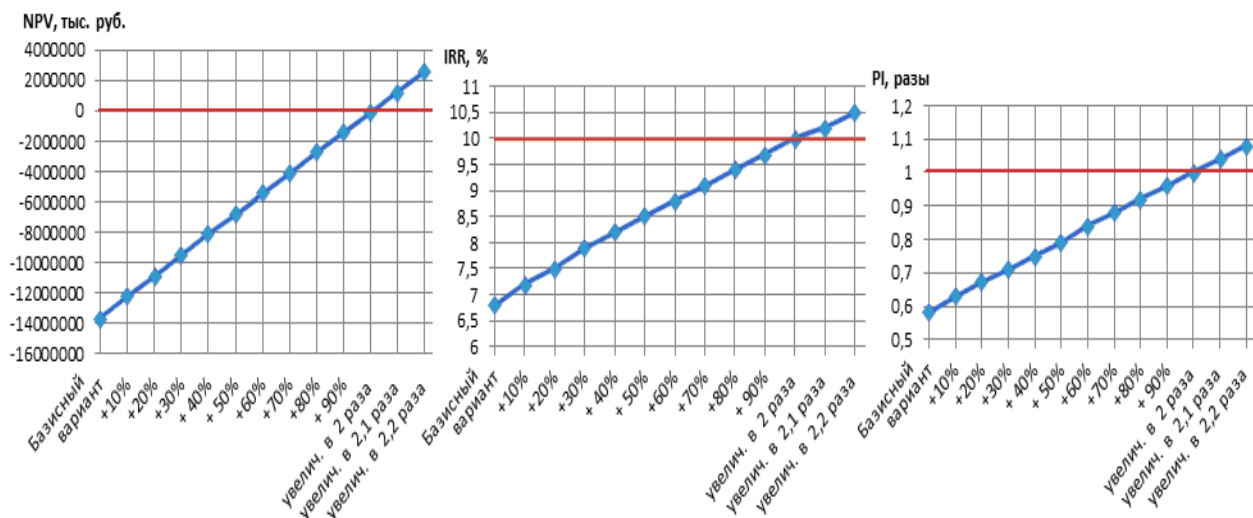


Рис. 2. Динамика показателей эффективности при изменении цены реализации электроэнергии

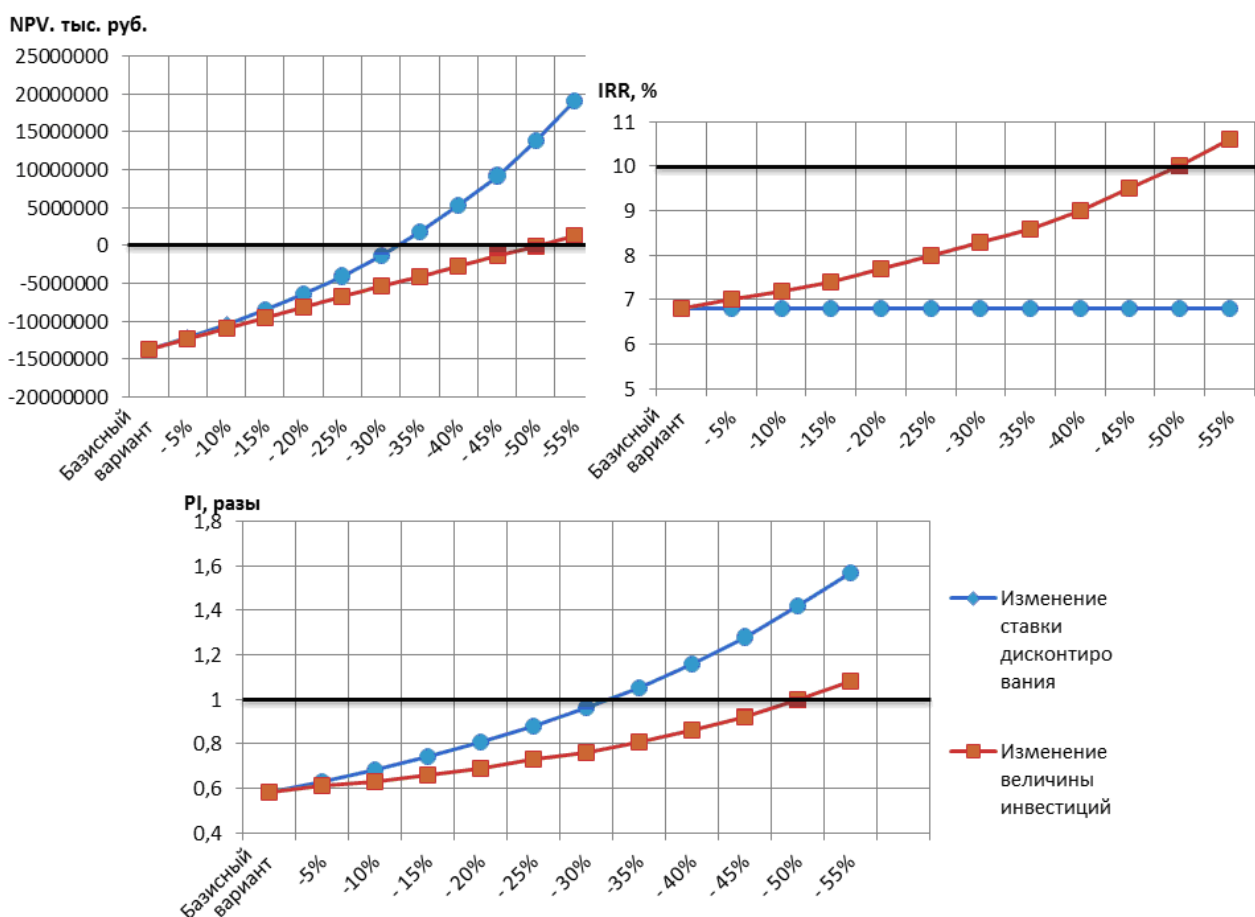


Рис. 3. Изменение показателей эффективности при изменении ставки дисконтирования и инвестиций

Как видно из рис. 2, проект становится эффективным при увеличении цены реализации электроэнергии в 2,1 раза. Изменим величину ставки дисконтирования и величины

инвестиций в строительство Зарамагской ГЭС-1, уменьшая значения с шагом 5% от базисного варианта. Результаты определения показателей эффективности при изменении ставки дисконтирования и инвестиций приведены на рис. 3.

Анализ данных рис. 3 показывает, что проект становится эффективным при уменьшении ставки дисконтирования на 35%, то есть при ее снижении с 10% до 6,5%, и при уменьшении инвестиций на 55%, то есть при их сокращении с 31129,68 млн. руб. до 14008,36 млн. руб.

Проведенный в работе анализ безубыточности проекта Зарамагской ГЭС-1 показал, что значение чистого дисконтированного дохода – отрицательное, величина внутренней нормы доходности меньше нормы доходности и величина индекса прибыльности меньше единицы, а значит, рассмотренные варианты инвестиций в проект является неэффективными при данных ценах реализации электроэнергии и годовой ставке дисконтирования. Для варианта финансирования с 30% собственных средств и 70% кредита было определено, что проект будет эффективным, если станет возможным выполнение одного из условий (или их совокупности):

- 1) увеличение цены реализации электроэнергии в 2,1 раза;
- 2) понижение ставки дисконтирования на 35%, то есть с 10% до 6,5%;
- 3) уменьшение затрат на 55%, то есть сокращение с 31129,68 млн. руб. до 14008,356 млн. руб.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Орлова Н.С. Актуальность строительства Зарамагской ГЭС-1/ Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. ИСИ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. с. 233-235.
2. Сценарные условия развития электроэнергетики на период до 2030 г. Министерство энергетики Российской Федерации, М.: 2011. 204 с.
3. Единые сценарные условия ПАО «РусГидро» на 2016 2041 гг.
4. Корректировка технического проекта 1993 г. «Зарамагские ГЭС Ардонского каскада (Головная ГЭС и ГЭС-1)». Строительство Зарамагской ГЭС-1 (достройка по состоянию на 01.01.2011 года). Проектная документация. Раздел 1. Пояснительная записка. Часть 1. Общая пояснительная записка.: АО «Ленгидропроект», 2013. 254 с.

ДЕРЕВЯННОЕ ВЫСОТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ЕГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Древесина - один из важнейших материалов в строительстве наряду с камнем, железом, стеклом. И останется таковым, вне зависимости от нововведений научно-технического прогресса. Все мы привыкли видеть малоэтажное строительство из дерева, будь то деревянные дома и коттеджи, но мало кто может вообразить себе высотное деревянное здание. Вопросом, могут ли деревянные конструкции потеснить бетон и сталь в строительстве высотных зданий, задаются архитекторы всего мира.

Цель работы - анализ эффективности применения дерева в строительстве высотных сооружений и оценка перспектив возведения их в России, исходя из зарубежного опыта.

Действующие сегодня СНиП не разрешают строительство деревянных домов выше трёх этажей, поэтому для развития высотного деревянного строительства необходимы новые строительные нормы. Но проблема не только в строительных нормах, многие считают, что деревянные высоты быстро и легко воспламеняемые, однако этому есть опровержение. В июне 2016 г. в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (впервые за 40 лет) были проведены испытания огнестойкости клееной балки из древесины, предполагаемой к применению в деревянном домостроении. Результаты исследования показали, что предельное состояние по потере несущей способности образца под сосредоточенной нагрузкой 2 т не достигнуто даже после полуторачасового огневого воздействия. Эти показатели прочности существенно превысили показатели металла и железобетона [0]. Также для обеспечения огнестойкости зданий деревянные конструкции можно обшить негорючими материалами, такими как гипсоволокнистые листы (ГВЛ) или цементно-стружечные плиты (ЦСП).

Также существует мнение, что деревянные конструкции не выдержат нагрузок. Однако в настоящее время применены технологии, позволяющие дереву приобрести прочностные свойства, как у железобетона. Деревянное панельное домостроение (ДПД) – следующий этап в развитии технологий индустриализации промышленного производства и строительства домов из дерева. ДПД – это продукт с объемно-планировочным решением, содержащий элементы стандартизации и индивидуальности и объединяющий в себе быстроту возведения и надежность, энергоэффективность и экологичность, красоту и изящество. При возведении деревянного многоэтажного дома используют следующие продукты из древесины: CLT-панели, изготовленные путем перекрестного склеивания листов или щитов досок под высоким давлением с помощью пресса, LSL-плиты, основой которых являются длинные плоские стружки, и LVL-брусья, производимые из листов лущеного шпона. Имея прочность как у железобетона, данные материалы имеют в 6 раз более легкий вес, чем железобетонные плиты, что, несомненно, облегчает строительство зданий из них.

Отдельно остановимся на проблеме сейсмостойкости высотных зданий из деревянных конструкций. В октябре 2007 г. в рамках международного исследовательского проекта в Японии на самой большой в мире платформе для испытаний на сейсмостойчивость было возведено семиэтажное здание из панелей CLT. По результатам этих испытаний был сделан вывод: здания из перекрестно склеенных деревянных панелей обладают достаточной сейсмостойчивостью для того, чтобы выдерживать удары стихии [0].

Пока в России лишь задумываются о перспективах деревянного домостроения, зарубежные архитекторы поражают своими фантазиями в этой сфере. Например, Stadthaus высотой 9 этажей в Лондоне, построенный в 2008 г. (рис. 1). Это первое в мире здание, полностью собранное из дерева. Покрытия, несущие конструкции, ограждающие конструкции лестничных клеток и лифтовых шахт – все деревянное. Один из свежих примеров - здание в Цюрихе. Японский архитектор Шигеру Бан разработал проект семиэтажного здания издательства Tamedia площадью 1000 м² (рис. 2). Несущая конструкция здания представляет собой систему из деревянных столбов. Совсем недавно, в конце 2015 г. в Норвегии в городе Берген введен в эксплуатацию 14-этажный жилой комплекс TreetBergen (рис. 3). Его каркас будет выполнен из колонн клееного бруса в метр толщиной. Он призван продемонстрировать, что из дерева можно возводить высотные экологичные здания. Сегодня этот комплекс является флагманом мирового деревянного строительства, но скоро его потеснит проект шведских архитекторов из компании SF MollerArchitects, предлагающих к 2023 г. построить в Стокгольме небоскреб из дерева высотой 34 этажа (рис. 4). В Европейском союзе сейчас реализуется программа под названием «Деревянная Европа», в рамках которой до 2020 г. доля жилой недвижимости из дерева должна составлять не менее 80 %. Самое большое преимущество деревянных домов в том, что они являются экологичным и эстетичным жильем. И данные постройки постепенно будут становиться нормой во многих странах, как Европы, так и всего мира [0].



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

Многоэтажные деревянные дома имеют ряд преимуществ.

- Деревянные дома довольно экономичны, в плане энергосбережения. Так, деревянные здания потребляют около 65 кВт на квадратный метр в год. В то время как для кирпичных домов энергопотребление составляет 130-150 кВт.

- Высокий процент заводского изготовления, что позволяет заместить затраты на оплату труда рабочих на стройплощадках.
- Возведение деревянных домов занимает намного меньше времени, чем строительство железобетонных зданий, а это позволяет снизить затраты.
- Меньше времени необходимо на усадку дома.
- Меньше подготовки и оборудования строительных площадок.
- Долгосрочное использование древесины в строительстве напрямую влияет на количество углекислого газа в атмосфере.
- Высокая прочность в сочетании с легким весом.
- За счёт своей гибкости и эластичности древесина более устойчива к сейсмической активности, чем бетон.
- Квадратный метр в доме из дерева намного дешевле, чем в железобетонном.
- Удобство демонтажа устаревшего жилья и утилизации строительных отходов.
- Архитектурные решения, гармонично вписанные в ландшафт, придают районам с деревянной застройкой законченный и цельный вид, что выгодно отличает их от прежних мест жительства.

Таким образом, каждое деревянное здание представляет архитектурную, экологическую и экономическую ценность.

Выводы. Безусловно, для развития технической и технологической базы современного высотного деревянного строительства требуется внимание к данной отрасли со стороны отечественных НИИ, которые разрабатывают отечественные и адаптирующие мировые стандарты к нашим условиям. Тогда строительство экологически безопасных, энергоэффективных, быстровозводимых деревянных зданий в 3 этажа и более станет качественным и доступным для развития отечественной отрасли промышленности строительных материалов [0].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Высотному деревянному домостроению в России дан зеленый свет – огнестойкость древесины подтверждена [Электронный ресурс] URL: <http://goodwoodplaza.ru/> (дата обращения 26.09.16)
2. Будут ли в России деревянные небоскребы? [Электронный ресурс] URL: <http://lesprominform.ru/> (дата обращения 26.09.16)
3. Ширманов В.В. Строительство экологически безопасных, энергоэффективных, быстровозводимых деревянных зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 8 (187). С. 38-40.
4. Есть ли будущее у небоскребов из дерева? [Электронный ресурс] URL: <http://archspeech.com/> (дата обращения 26.09.16)

УДК 728

Д.Н. Журавлева, М.А. Кравченко, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОМОВ БУДУЩЕГО

Автономный дом – это энергоэффективный и энергонезависимый дом, использующий естественные источники энергии. Уже несколько десятилетий за рубежом развивается индивидуальное строительство в направлении экономичного экологически чистого, автономного жилья: строятся тёплые дома из безопасных строительных материалов с солнечной энергетикой и ветроэнергетикой. В США, в настоящее время, насчитывается около пятисот экологических поселений. В них люди, шаг за шагом, уменьшают свою зависимость в электроэнергии.

Современные технологии строительства позволяют построить полностью автономный дом на любом участке в любом регионе, вдали от всех магистральных коммуникаций. Область применения строительства автономного дома широка: жилищное строительство (дачи, коттеджи, усадьбы, частные дома), фермерское и животноводческое хозяйства, добывающие и перерабатывающие предприятия. Данная тематика давно обсуждается архитекторами всего мира, сотни специалистов год за годом развивают и улучшают различные креативные идеи.

Цель работы – предложить оптимальное решение строительства автономного дома.

Автономный дом должен начинаться с проектирования, в котором учитываются физико-географические особенности местности: ландшафт, рельеф почвы, климатические условия, годовое количество солнечных дней, гидрологические характеристики. Для оптимального функционирования автономного дома требуется достаточно большой участок земли вокруг него. На территории необходимо предусмотреть участки под энергоустановки, теплицы, сад и возможно под небольшую мини-ферму [8]. Архитектура энергосберегающего дома разработана таким образом, чтобы максимально снизить потери тепла при эксплуатации. Для этого стены, ориентированные на север стараются сделать глухими или с небольшими окнами. Внутренняя планировка делается максимально функциональной и энергоэкономичной.

Хорошая теплоизоляция автономного дома – одно из главнейших его условий. Она должна быть полностью совершенна. Благодаря толстому слою изоляции очень хорошо удерживается тепло в доме, что позволяет обходиться даже без систем отопления. По сравнению с обычным домом, у автономного дома расходуется всего 20% энергии для отопления, так как плотный термокаркас сохраняет тепло внутри дома [1]. Изоляция фасада автономного дома осуществляется из огромного выбора материалов, отдавая предпочтение экологическим. Краски лучше использовать на основе натуральных масел, смол, молочного казеина, глины, растительных и земляных пигментов. Следует отказаться от быстросохнущих шпаклевок и шпатлевок, которые могут выделять токсичные соединения.

Но для современного строительства природные материалы подходят не всегда из-за существенных недостатков: например, дерево не обладает достаточной огнестойкостью и прочностью, подвергается биоразрушению. Камень – дорогостоящий материал, и с точки зрения экономической целесообразности он не годится для строительства жилых домов. Поэтому часто используются строительные материалы, изготовленные на основе природных составляющих – бетон, кирпич, стекло и другие. Подобная продукция наиболее безопасна для здоровья человека.

Искусственные материалы, например – полиуретан или минеральное волокно, используются для прокладки между натуральными материалами. При таком плотном толстом слое изоляции тепло в автономном доме сохраняется достаточно долго. Изоляция способствует не только сохранению тепла в помещении, но и не позволяет появиться плесени, грибку и коррозии, так как стены всегда остаются сухими даже в самую ненастную погоду. Однако слой изоляции может быть и достаточно тонким. В этом случае применяются определенные пропорции материалов, использующихся в термокаркасе. Эффективность изоляции в этом случае будет зависеть от качества материала, а не от толщины изоляционного слоя.

Изолировав всю наружную часть автономного дома, необходимо провести изоляцию пола, для того чтобы не допустить «утечку» тепла. Это достаточно дорогое мероприятие, но эффективное; для этого применяют разные материалы, такие как пеностекло или жесткий пенопласт. При планировании подвального помещения, наличие которого поможет сэкономить электроэнергию, эти мероприятия особенно необходимы [5].

Для получения электроэнергии в настоящее время разработано множество технических устройств, способных преобразовывать природные источники, к которым следует отнести солнечные батареи, биогазовые портативные станции, ветрогенераторы [6].

Для того чтобы солнечная батарея могла быть основным источником электроэнергии, она должна иметь рабочую поверхность не менее 10 м^2 . Один м^2 выделяет в среднем до 120 Вт. На данный момент минимальная цена за м^2 батареи составляет около 15000 руб. и возрастает в зависимости от размеров и мощности солнечной батареи. Обязательным условием является установка солнечных батарей на южную сторону крыши, так как на нее распространяется больше всего тепла. Для того чтобы отопление от солнечных батарей было максимально эффективным, угол наклона крыши должен составлять около 45° . Желательно, чтобы возле дома не росли высокие деревья и не находились другие предметы, которые могут создавать тень. Но даже при соблюдении всех условий станция на солнечной батарее остается пока очень дорогой и с низким КПД, около 30%.

Биогазовые установки, в отличие от солнечных, – дешевле, а для получения биогаза используются бытовые отходы, что не только экономически выгодно, но с экологической точки зрения весьма эффективно. При разложении отходов образуется газ, который собирается и используется в дальнейшем для преобразования энергии, в западных странах – самое популярное и дешевое топливо, применяемое для отопления частного жилья. Из одной тонны отходов можно получить $50\text{--}100 \text{ м}^3$ газа, а из одного м^3 биогаза можно выработать около 2 кВт электроэнергии. В зависимости от производительности биогазовых установок цена на них варьируется от 16000 руб. (900 м^3 биогаза/сутки) до нескольких сотен тысяч рублей ($30000\text{--}40000 \text{ м}^3$ биогаза/сутки) без учета затрат на доставку и монтаж.

Энергия ветра также привлекательна для использования в условиях загородного дома. Принцип работы ветрогенераторных установок схож с принципом работы станций на солнечной энергии. Цена установки не столь велика, и начинается от 90000 руб. Для небольшого дачного дома подойдет установка мощностью от 0,5 до 1 кВт. Электроэнергии, получаемой от нее, будет достаточно для освещения комнат, а также работы телевизора и холодильника. Если же речь идет о типовом загородном коттедже, то в этом случае подойдут модели мощностью от 1 до 5 кВт. Они смогут обеспечить электроснабжение всей необходимой техники, начиная со стиральной машины и заканчивая компьютером. Однако они имеют ряд недостатков – создают помехи, способные влиять негативным образом на приборы и средства связи, а вибрация от ее работы негативным образом отражается на некоторые виды живых организмов. Для установки ветрогенераторной установки требуется площадка с радиусом не менее 20 м [4].

Газ является самым популярным и дешевым топливом, применяемым для отопления частного жилья. В случае автономной системы для частного дома в грунт закапывается резервуар, наполненный сжиженным газом, который затем поступает непосредственно в трубы. Такая конструкция достаточно надежна и не требует какого-либо особого ухода. Оборудование способно выдержать высокий перепад температур, поэтому его использование актуально для частного дома абсолютно в любых регионах, независимо от климатических особенностей [3].

В автономном загородном доме не представляется возможным комфортное проживание без систем канализации и водоснабжения. Многие ограничиваются только собственным колодцем. Различного вида загрязнения в виде химических веществ и биологической составляющей не позволяют полноценно использовать колодезную воду в качестве питьевой. Как альтернативный источник воды он будет не лишним, но как полноценный вид автономного водоснабжения его рассматривать не стоит, а отдать предпочтение подземным источникам, используя пробуренную скважину. В основном бурятся относительно

неглубокие скважины, производительность которых невысока и они не отличаются надежностью и долговечностью, по сравнению с артезианскими.

Этот вид скважин бурят достаточно глубоко, а их производительность составляет 3 м³/час. Подобный расход воды способен полностью удовлетворить самые разнообразные хозяйственно-бытовые потребности, в том числе и организацию полива, водоснабжение бассейна и др. [7]. Экономические расчеты и практика показывают, что в течение 3-5 лет эксплуатации автономного дома затраты полностью окупаются. Строительство автономных домов в регионах с неразвитой энергосистемой вдали от магистральных коммуникаций эффективное решение целого ряда проблем.

Выводы. Система «автономный дом» экологически безопасна, сохраняет и не вредит окружающей среде. Строительство таких домов поможет не только в освоении новых территорий, сохранению их ресурсов, но также это - эффективное капиталовложение в жилищном строительстве [2].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. М.: «Высшая школа», 1991. 255 с.
2. Лицкевич В.К. Завтра нашего жилища // Наука и жизнь. 2000. № 6.
3. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. 200 с.
4. Селиванов Н.П. Энергоактивные солнечные здания. М., 1983. 375 с.
5. <http://house-nn.ru/teploizolyatsiya-v-avtonomnom-dome>
6. <http://www.solarroof.ru/theory/30/102/>
7. <http://www.otopimdom.ru/index.php?id=347>
8. <http://old.homeforlife.ru/men-avtonomniy-dom>

УДК 504.054

Е.В. Дмитриева, А.С. Парада, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

О ПРОБЛЕМЕ ИНТЕНСИВНОГО РОСТА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТХОДОВ

В настоящее время существует большая проблема утилизации отходов, их захоронением и влиянием загрязнения на окружающую среду. На каждого жителя планеты приходится в среднем, по различным данным, более 200 кг мусора в год, не считая миллионов изношенных и разбитых автомобилей и электронной техники. Проблема полного уничтожения или частичной утилизации твердых бытовых отходов с каждым годом усугубляется.

В процессе эволюции человек изобретает новые технологии и электротехнические изделия, которые нашли широкое место в жизни современного человека, и стали неотъемлемой частью его быта, работы и отдыха. Огромными темпами нарастает и объем высокотехнологичных отходов, кроме того, компьютерная техника и другая электроника стремительно устаревает «морально», не успев потерять потребительских свойств.

Цель работы - рассмотрение проблемы интенсивного роста высокотехнологичных отходов и выявление их пагубное влияния на экосистему.

Высокотехнологичные отходы – одна из наиболее быстрорастущих групп отходов. Рост количества высокотехнологичных отходов привлекает все больше внимания исследователей из-за негативного влияния вредных соединений на природную среду и здоровье человека [1].

Согласно данным экспертов из ООН, каждой год жители Земли вместе с электроникой выбрасывают на свалку такого ценного металла, как золото, на сумму более \$10 млрд. Также эксперты констатируют, что только 16% мировых отходов электроники перерабатываются для повторного использования, в то время как потенциальная стоимость оставшегося материала превышает \$51 млрд. Так, среди миллионов запчастей выброшенной электроники присутствуют около 300 т золота, 1 тыс. т серебра и 16 Мт стали [2].

Однако, помимо драгоценных металлов, быстрорастущий объем «высокотехнологичных» отходов содержит большое число токсинов, ртуть, кадмий, бериллий и др. Они способны попадать в почву, растения и грунтовые воды и вызывать различные нарушения в развитии биоты и человека. Растущее количество отходов также содержит большое число токсинов, включая более 4 тыс. т химических веществ, разрушающий озоновый слой.

Согласно докладу ООН, количество «высокотехнологичного» мусора каждый год увеличивается на 2 млн. т и к 2018 г. может достигнуть размера 50 Мт в год, пишет The Independent [2].

По подсчетам экспертов, все возрастающая погоня за технологичными новинками и бытовой техникой, как в развитых, так и в развивающихся странах, уже способна ежегодно накапливать столько мусора, что может заполнить им очередь из 40-тонных грузовиков от Нью-Йорка до Токио [2]. Причиной этого является рост потребления, сокращение жизненного цикла техники, а также желание потребителей приобретать себе новые модели гаджетов, несмотря на то, что предыдущие все еще справляются со своими функциями. Согласно британскому исследованию, 23% выброшенной электроники все еще находятся в рабочем состоянии и требуют лишь незначительного ремонта. При этом Великобритания считается одним из самых расточительных в мире производителем «высокотехнологичного» мусора: каждый житель этой страны в среднем каждый год генерирует более 23 кг отходов из электроники [2].

Исследователь из УООН Федерико Макалини считает, что «необходимо не только уменьшить потребление, но и убедиться в том, что мусор должным образом собирается и перерабатывается, к тому же - это возможность создать новые рабочие места» [2].

При грамотной утилизации около 95% отходов техники способны вернуться к нам в том или ином виде, и примерно 5% отправляются на свалки или федеральные заводы по переработке твердых бытовых отходов [3]. Соотношение ручного и автоматизированного труда на фабриках по переработке компьютерной техники зависит от ее типа. Для монитора это соотношение примерно 50 на 50 - разборка старых кинескопов является довольно трудоемким занятием. Для системных блоков и оргтехники доля автоматических операций значительно выше.

Фирма Hewlett-Packard (HP) впервые в 1981 г. предложила переработку отслужившей свой срок продукции. Сегодня HP обладает инфраструктурой по сбору и переработке использованных ПК и оргтехники в 50 странах мира. В год утилизации подвергается около 2,5 млн. единиц продукции. В одном только 2007 году HP переработала около 100 тыс. т списанного оборудования и расходных материалов, - почти в полтора раза больше, чем годом ранее [3].

Первый этап всегда производится вручную. Это – удаление всех опасных компонентов и крупные пластиковые части. Пластик сортируется в зависимости от типа и измельчается для того, чтобы в дальнейшем его можно было использовать повторно. Оставшиеся после разборки части отправляют в большой измельчитель-шредер, и все дальнейшие операции автоматизированы. Во многом технологии переработки позаимствованы из горного дела – примерно таким же способом извлекают ценные металлы из породы. Измельченные в гранулы остатки компьютеров подвергаются сортировке. Сначала с помощью магнитов

извлекаются все железные части. Затем приступают к выделению цветных металлов, которых в ПК значительно больше [3].

При разработке новых ресурсосберегающих и экологических технологических процессов, необходимо обезвреживание отходов на стадии вывода из технологического процесса, но при современном развитии науки и техники невозможно исключить образование не утилизируемых, не подлежащих сжиганию, не поддающихся нейтрализации токсичных отходов. В этом случае целесообразно захоронение отходов такого рода в специально создаваемых для этого хранилищах, где можно будет захоронить промышленные отходы для их использования в будущем [4]. При размещении отходов необходимо соблюдать ряд определенных условий и ограничений. Существуют предложения по нетрадиционным способам создания подземных емкостей посредством энергии камуфлетного и ядерного взрыва.

Одна из самых крупных свалок электронного мусора в мире – в Агбоглоши в Аккре. Практически все развивающиеся страны сбрасывают электронные отходы на этом полигоне. Он является рабочим местом для нескольких тысяч местных жителей. Из полностью неисправных приборов извлекают цветные металлы методом выжигания, в результате чего атмосферу выбрасываются тонны токсичных соединений. Несмотря на огромное количество вредных веществ, выделяемых отходами, рабочие не имеют никаких средств защиты, а заработная плата работающих на свалке по 12 часов в сутки (\$2 в день).

Тихоокеанская свалка Guye - еще одна крупная свалка на Земном шаре, площадью 6000 км². Основной мусор, вывозимый сюда, – пластик. От свалки страдают морские обитатели, особенно киты и дельфины.

Новый мусорный полигон в Нью-Йорке. Когда-то в этом крупнейшем мегаполисе была старая гигантская свалка, куда свозили отходы со всего города. В 2001 г. старый полигон был закрыт, и вместо него в тот же год был открыт новый. 13 000 т отходов ежедневно сбрасывается на огромном полигоне. Свалка Нью-Йорка имеет даже свои локальные достопримечательности, например, огромную гору мусора высотой 25 м [5]. Существуют огромные свалки и в Великобритании; одна из них накопила мусора в два раза больше всех стран еврозоны вместе взятых, хотя по количеству населения Британия не на первом месте [5].

На окраине Санкт-Петербурга существует один из самых современных полигонов для захоронения и обработки промышленных отходов – «Красный Бор». На полигон принимаются осадки очистных сооружений и все промышленные отходы, за исключением радиоактивных и подлежащих регенерации. Горючие отходы сжигаются на полигоне в специальных печах при температуре около 1000°C. В настоящее время на полигоне уже захоронено 1,5 млн. т токсичных отходов, что привело к его переполнению и тяжелой экологической ситуации вокруг него.

Результаты и вывод. Объемы и глобальное влияние высокотехнологичных отходов на экосистемы стремительно возрастает и каждый человек должен нести ответственность за состояние окружающей среды, а утилизация старого оборудования должна быть привычной необходимостью.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Природа и человек: <http://natuerlich.ru/art1/atmos1b.shtml>
2. Информационный портал Око планеты. <http://oko-planet.su/ekstrim/ekstrimday/278175-doklad-oon-vybroshennaya-elektronika-eto-sklad-toksichnyh-othodov-i-dragocennyh-metallov.html>
3. Алимкулов С.О., Алматова У.И., Эгамбердиев И.Б. Отходы - глобальная экологическая проблема. Современные методы утилизации отходов // Молодой ученый. 2014. № 21. С. 66-70.
4. Размещение промышленных отходов в подземных хранилищах. Пермь, ПГТУ, 1995.
5. «Venividi» информационный сайт: <http://venividi.ru/node/27071>.

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИЯХ ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Рекультивация земель - это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных и загрязненных земель, а также на улучшение условий окружающей среды. Рекультивация подразумевает очистку от различных типов загрязнений, в том числе - от нефти и нефтепродуктов, занимающих значительную долю в общем объеме загрязненных земель [1].

Нефть и нефтепродукты относятся к наиболее распространенным поллютантам природной среды, вызывая существенные изменения в химическом составе, свойствах и структуре почвы [2]. Нефть является распространенным техногенным загрязнителем, при разливах которой на длительное время нарушается нормальное функционирование почвенной экосистемы, снижается почвенное плодородие, резко меняется интенсивность и направленность окислительно-восстановительных процессов. Поступление нефти в почву неоднозначно влияет на активность ферментов, которая может, как усиливаться, так и ослабевать в зависимости от дозы и вида загрязнителя и типа почвы, подвергшейся загрязнению [3].

Загрязнение нефтью почвы сопровождается сильным негативным воздействием на растения из-за изменения ее физико-химических свойств, главным образом - из-за увеличения гидрофобности и заполнения нефтью почвенных капилляров, а также из-за прямого токсического действия углеводородов нефти (фитотоксичности), обусловленного развитием в ней микромицетов, образующих токсины [4].

Большинство исследований [2-4], проведенных в различных климатических зонах, также свидетельствует, что при нефтяном загрязнении усиливается активность углеводородокисляющих микроорганизмов, способных трансформировать углеводороды в соединения, утилизируемые другими группами. Численность микроорганизмов в загрязненной почве составляет 105-108 кл./г. Бактерии, участвующие в разложении нефти и нефтепродуктов, представлены видами *Pseudomonas*, *Nocardia* и *Mycobacterium*, доминируют представители родов *Vibrio*, *Arthrobacter*, *Aeromonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*. Встречаются популяции родов *Candida*, *Torulopsis*, *Rhodotorula*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma*. В работе исследователей СПбГУ проводилась оценка степени деградации земель, загрязненных нефтеуглеводородами [5].

Цель работы - изучение устойчивости многолетних трав к выпадению, продолжительности формирования растительного покрова и изменения биологической активности почв.

При выполнении работы был заложен полевой микроделяночный опыт в четырехкратной повторности по общепринятой методике Доспехова. Площадь каждой деланки составляла 1 м². В полевом опыте, который проводился в течение 5 лет, изучали следующие характеристики:

- уровень плодородия почвы;
- выявление наиболее устойчивых видов луговых трав к НФП;
- разнообразие растительного сообщества;
- биопродуктивность надземной массы растений;
- биологическую активность почв (нитрифицирующую и ферментативную активность, накопление аминокислот).

При проведении анализов по оценке степени химического и биологического загрязнения руководствовались методическими указаниями МУ 2.1.7.730-99.

В схему опыта были включены следующие варианты:

- контроль (без внесения нефтепродуктов);
- с внесением НФП в дозах 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 л/м².

Почва участка, на которой были заложены делянки, – дерново-подзолистая, супесчаная, по своим свойствам характеризуется как хорошо окультуренная. Кислотность почвы рН(KCl) - 6,5, содержание P₂O₅ – 48,7 мг/100 г почвы; K₂O – 6,3 мг/100 г; емкость катионного обмена составляла 18 мг·экв/100 г. Качество почвы характеризуется 50 баллами по оценочной шкале бонитета [5].

В результате проведенных исследований, а также краткого литературного обзора по влиянию нефтезагрязняющих продуктов на почву, стало очевидным, что механизм естественного очищения экосистемы имеет этапный характер. Каждому из выделенных этапов соответствуют структурные изменения химического состава нефти в почве, биохимически свойств самой почвы, сукцессионные изменения в растительных сообществах. Скорость восстановления отдельных компонентов растительно-почвенного покрова значительно ниже скорости трансформации самой нефти в почве. Длительность естественного восстановления нарушенных почвенных экосистем объясняется сложностью данного процесса [5].

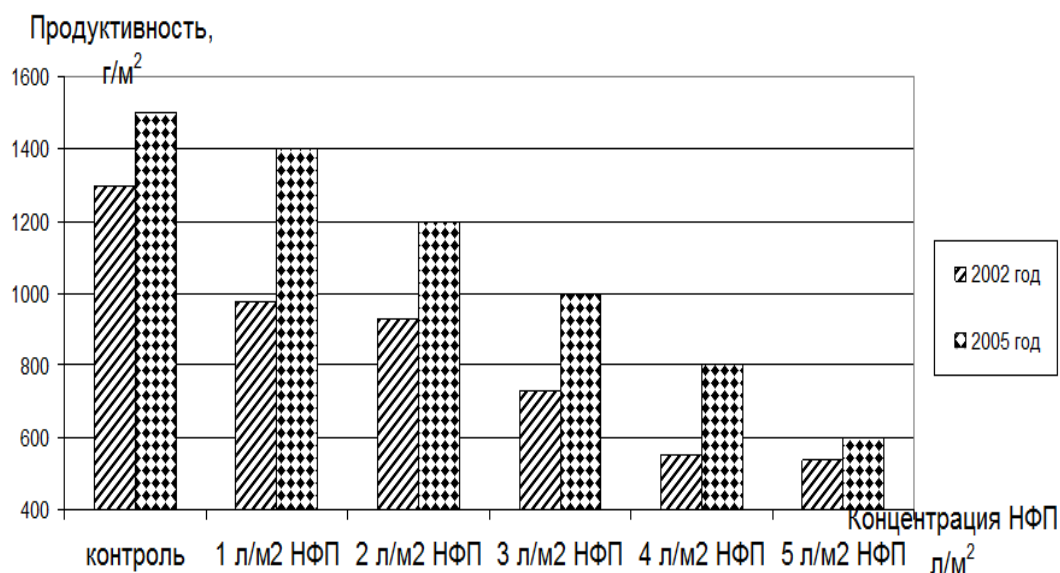


Рис. 1. Влияние загрязнения почв нефтепродуктами на биопродуктивность луговых фитоценозов

Проведенные исследования свидетельствуют, что высокое загрязнение нефтепродуктами нарушает водно-воздушный режим почвы; эти почвы отличаются повышенной полевой влажностью. Различные фракции нефти влияют по-разному на гидрофобность почвы. Легкие фракции не оказывают влияния даже при высоких концентрациях нефтепродуктов; при загрязнении тяжелыми фракциями гидрофобность увеличивается. Результаты проведенного микроделяночного опыта с различными дозами внесения нефтепродуктов показали, что на участке с содержанием нефтепродуктов 4л/м² даже через три года влажность почвы значительно выше, чем на контрольном участке.

Выводы. Биопродуктивность луговых фитоценозов при восстановлении растительного покрова на загрязненных НФП почвах зависела от степени загрязнения и времени восстановления. Наиболее высокая продуктивность фитоценозов отмечалась в вариантах при загрязнении почвы НФП в дозах 1,0-2,0 л/м². На 3-й год после загрязнения в этих вариантах продуктивность биомассы составила 980-930 г/м². По мере зарастания участка спустя 5 лет, продуктивность возросла до 1200-1400 г/м² зеленой массы. В вариантах с загрязнением почвы 4-5 л/м² биопродуктивность была в 2 раза ниже, чем в контроле (см. рис. 1) [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 17.5.3.04-83 Общие требования к рекультивации земель.
2. Илларионов С.А. Экологические аспекты восстановления нефтезагрязненных почв / С.А. Илларионов. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 194 с.
3. Алиев С.А. Влияние загрязнения нефтяным органическим веществом на активность биологических процессов почв / С.А. Алиев, Д.А. Гаджиев // Изв. АН АзССР. Сер. биол. наук. 1977. № 2. С. 46-49.
4. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология / Т.Г. Мирчинк. М.:Изд.-во МГУ, 1988. 220 с.
5. Горбовская А.Д., Богданов В.Л., Николаев Р.В. и др. Динамика естественных процессов восстановления почвенно-растительного покрова при загрязнении нефтепродуктами // Известия СПбГАУ, 2008. №8.

УДК 551.312.2

В.И. Артищева, Е.И. Дудырина, А.О. Ершова, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

О ГАЗОВОАТМОСФЕРНОЙ ФУНКЦИИ БОЛОТНЫХ ПОЧВ

Практически во всех странах мира есть торфяные болота. Ежегодно в мире заболачивается около 660 км² земель. Болотные и заболоченные оторфованные земли России составляют вместе 369,1 млн. га, или 21% территории страны. Они распространены на севере и в центре Европейской части, в Западной Сибири, на Камчатке. Торфяные ресурсы – богатейший природный потенциал. По запасам торфа Россия занимает первое место в мире [1].

Болотные экосистемы – это уникальные природные образования, выполняющие важную роль в биосфере. Они консервируют огромные запасы пресной воды, депонируют углерод, в существенной мере определяют водный и гидрологический режимы территории, служат гигантскими естественными фильтрами, поглощающими токсичные элементы из атмосферы. В последнее время исследуется влияние торфяных болот на климат биосферы.

В зависимости от условий водно-минерального питания болота подразделяют на низинные, переходные и верховые. Низинные (эвтрофные) - тип болот с богатым водно-минеральным питанием, в основном за счет грунтовых вод. Расположены такие болота в поймах рек, по берегам озер, в местах выхода ключей, в низких местах. Характерная растительность - ольха, береза, осока, тростник, рогоз, зеленые мхи. В районах с умеренным климатом - это часто лесные (с березой и ольхой) или травяные (с осоками, тростником, рогозом) болота. Переходные (мезотрофные) болота по характеру растительности и умеренному минеральному питанию находятся между низинными и верховыми болотами. Из деревьев - береза, сосна, лиственница. Травы те же, что и на низинных болотах, но не так обильны; характерны кустарнички; мхи встречаются как сфагновые, так и зеленые. Верховые (олиготрофные) болота расположены обычно на плоских водоразделах, питаются только за счет атмосферных осадков, где очень мало минеральных веществ, вода в них резко кислая. Растительность: господствуют сфагновые мхи, вереск, багульник, кассандра, голубика, клюква. Встречаются болотные формы лиственницы и сосны, карликовые березки. Из-за накопления торфа поверхность болота со временем может стать выпуклой [2].

На процессы разложения болотной растительности оказывают влияние гидрологические процессы, биохимические свойства самих растений, а также активность и разнообразие микроорганизмов, участвующих в ее переработки. Почвы олиготрофного типа имеют высокую кислотность, низкое содержание кальция, общего азота и фосфора, разложение растительных остатков низкое - 5-10%. Почвы эвтрофного типа, напротив, имеют низкую кислотность, богаты кальцием, азотом и фосфором, разложение растительных остатков - 25-30%; мезотрофные торфяные почвы занимают промежуточное положение по своим свойствам между ними.

Болота (в не меньшей степени по сравнению с лесами) можно назвать «легкими планеты». Известно, что реакция образования органических веществ из углекислого газа и воды при фотосинтезе по суммарному эффекту противоположна реакции окисления органических веществ при дыхании. Поэтому при разложении органических остатков углерод, связанный растениями, выделяется назад в атмосферу (в основном за счет дыхания бактерий). Один из главных процессов, способных уменьшить содержание углекислого газа в атмосфере, - это захоронение неразложившейся органики, что и происходит в болотах, образующих залежи торфа, трансформирующегося затем в каменный уголь. Среди других подобных процессов это - отложение карбонатов (CaCO_3 , MgCO_3) на дне водоемов и химические реакции, протекающие в земной коре и мантии. Поэтому практика осушения болот, осуществлявшаяся на протяжении всей истории человеческой цивилизации, с точки зрения экологии, в некоторых случаях может быть разрушительна [2].

С другой стороны, болота являются одним из источников бактериального метана в атмосфере. Он является одним из важнейших микрокомпонентов атмосферы, во многом определяющим процесс глобального изменения климата. Величина потока метана из почв в атмосферу определяется главным образом протеканием двух противоположно направленных процессов: выделением метана метаногенными микроорганизмами и его поглощением метанотрофными бактериями. Большое влияние на соотношение между этими процессами в почвах оказывает концентрация минеральных соединений азота. Это обусловлено способностью метанооксиляющих бактерий переключаться на окисление ионов аммония, что объясняется сходством ключевых ферментов метанмонооксигеназы и аммониймонооксигеназы. Болота являются одним из крупнейших источников выделения метана в природе. Болотный газ выделяется в атмосферу непрерывно, причем летом за сутки с одного гектара может выделяться до 2,4 кг метана. В ближайшем будущем ожидается увеличение выделения болотного метана в атмосферу, поскольку из-за повышения температуры на планете активизируются процессы разложения.

Наряду с метаном, в экологических системах болот происходит биохимическое образование и других газообразных соединений: азота (N_2), аргона (Ar), водорода (H_2), этана (C_2H_6), фосфина (PH_3), дифосфина (P_2H_4), диоксида углерода (CO_2), сероводорода (H_2S) и других. Самопроизвольное возгорание метана ($T_{\text{возг.}} = 537,8^\circ\text{C}$) маловероятно, однако в присутствии инициирующих факторов он может легко воспламениться и стать естественной причиной возникновения лесного пожара. К таким факторам можно отнести сопутствующие примеси фосфина и дифосфина, которые, как и метан, образуются в анаэробных условиях болот и других водоемов. С началом сезонного потепления бактерии семейств *Bacillaceae*, *Arthrobacteriaceae*, *Rhodobacteriaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Rhizobiaceae*, *Enterobacteriaceae* начинают производить фосфин, потребляя фосфор (из органических осадков в болотах и водоемах) и перерабатывая фосфорорганические соединения с помощью фермента C-P-лиазы. Даже высокий уровень воды в заболоченной местности не является сдерживающим барьером для этих газов. Дифосфин, который может самопроизвольно воспламениться на воздухе, инициирует воспламенение фосфина, что, в свою очередь, может привести к возгоранию выделяющегося метана. В таблице 1 представлены температуры возгорания ($T_{\text{возг.}}$) некоторых компонентов болотного газа [3, 4].

Таблица 1
Температуры возгорания некоторых компонентов болотного газа

Газ	$T_{\text{возг.}}, ^\circ\text{C}$
Дифосфин(P_2H_4)	20-30
Фосфин(PH_3)	150
Этан (C_2H_6)	152
Сероводород (H_2S)	260
Метан (CH_4)	537,8
Водород (H_2)	580

Когда растение поглощает углекислый газ в процессе фотосинтеза, обратно в атмосферу выделяется кислород. На одну молекулу поглощенного растением углекислого газа (и на один атом связанного углерода) приходится одна молекула выделенного в атмосферу кислорода. Соответственно, сколько атомов углерода содержится во всех органах взрослого растения, столько же молекул кислорода примерно было выделено в течение всей его жизни в атмосферу. После гибели растения (естественное старение или пожар) начинается обратный процесс: при разложении используется кислород из атмосферы, а обратно выделяется углекислый газ. Таким образом, процессы поглощения и выделения кислорода и углекислого газа приходят в динамическое равновесие [4].

Болота не достигают баланса между поглощением и выделением углекислого газа, продолжая накапливать большие количества мертвого органического вещества (торфа), связывая углекислый газ. В торфяной залежи процесс разложения органического вещества протекает очень медленно из-за сильной кислотности среды и высокой влажности, а связанный углерод остается таковым до тех пор, пока не создадутся условия для доступа кислорода в торфяную залежь. После этого начинается процесс аэробного разложения растительных остатков и происходит выброс углекислого газа в атмосферу [5].

Цель исследования - выработка рекомендаций для снижения минерализации торфяных почв и уменьшения эмиссии парниковых газов на мелиорируемых низинных торфяниках.

Строительство осушительных систем вносит коренные изменения в болотные ландшафты, создавая условия для ускоренной минерализации органического вещества торфяных почв. В период низкого уровня грунтовых вод осушенная толща агроторфяной почвы работает как метанопоглощающий фильтр, который окисляет метан, образующийся в анаэробной зоне. Это приводит к снижению общего потока метана из почв в атмосферу. В отличие от метана, поток закиси азота в этих условиях, наоборот, возрастает. Таким образом, понижение уровня грунтовых вод сопровождается ростом потока CO_2 и N_2O из почв в атмосферу при одновременном снижении эмиссии CH_4 .

Выводы. Для снижения минерализации торфяных почв и уменьшения эмиссии парниковых газов на мелиорируемых низинных торфяниках не рекомендуется понижение уровня грунтовых вод ниже 1,5 м. Среди мероприятий по снижению эмиссии газов из заболоченных почв в атмосферу можно использовать посевы многолетних трав, формирующих благоприятные условия для протекания почвенных процессов [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инишева Л.И. Болота и биосфера. Мат. VII Всерос. с межд.уч. научн. шк. (13-15 сентября 2010 г., Томск). Томск: Изд-тво ТГПУ, 2010.
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
3. <http://evestnik-mgou.ru/Articles/Doc/188>
4. <http://www.pochva.com/studentu/study/books/files/0570.pdf>
5. <http://zhilona.livejournal.com/198380.html>

РЕКОНСТРУКЦИЯ НАГОРНОГО ПАРКА В ГОРОДЕ БАРНАУЛЕ

Современные техногенные нагрузки на человека увеличивают необходимость в создании парков, мест физического развития и оздоровления для различных возрастных групп населения. Многие парки культуры и отдыха, создававшиеся в прошлом веке, нуждаются в реконструкции.

Характер реконструкции и озеленения ландшафта, в результате которой создается сад или парк, в значительной степени зависит от предыдущего использования территории. Во-первых, может быть реконструирован ландшафт, в значительной степени сохранивший природный характер. В этом случае первоочередная задача реконструкции - обеспечение устойчивости сохраняемых природных элементов к антропогенным нагрузкам при формировании новой функциональной и художественно-образной структуры. Во-вторых, может быть реконструирована озелененная и благоустроенная территория, в прошлом считавшаяся парком. Такая реконструкция возникает по разным причинам: утрате функциональных и эстетических качеств зелеными насаждениями; физическому разрушению парковых сооружений; изменению функционального профиля парка в целом или отдельных его зон; изменению градостроительной ситуации и связей парка с окружением и др. В-третьих, может быть реконструирован участок, преобразованный раньше для иных целей: например - пустырь, образовавшийся на месте снесенных строений, или выработанный карьер (нарушенная и нуждающаяся в рекультивации территория). Однако во всех случаях реконструкция предполагает максимальное сохранение и использование форм рельефа, воды, растений, построек и дорог, инженерных коммуникаций и других существующих элементов в новой садово-парковой композиции [1].

Цель работы: обоснование плана реконструкции парка, проведение анкетирования посетителей для оценки его посещаемости (по аналогии с изучением работы подобных объектов за рубежом [4]).

Озеленение и благоустройство парков – это целый комплекс вопросов, связанных с формированием полноценной среды для отдыха человека. Особую актуальность и остроту приобретает решение этих вопросов в связи с загазованностью воздуха, загрязнением почвы, наличием большого количества подземных коммуникаций и сооружений, большого удельного веса асфальтовых покрытий улиц. В связи с этим огромная роль отводится формированию зеленых насаждений, которые являются основной частью общего комплекса планировки, застройки и благоустройства территории парков [2].

Реконструкция Нагорного парка в г. Барнауле предполагает сохранение исторически ценных элементов планировки территории, древесно-кустарниковой растительности, цветочно-декоративного оформления. Выбранный объект требует реконструкции зеленых насаждений, планировки зонирования и благоустройства территории.

Нагорный парк находится в Центральном районе г. Барнаула. Территория парка составляет 14 га, возвышенное местоположение открывает широкую панораму города и долины реки Оби с Новым мостом.

В 1741 г. горнозаводчик Акинфий Демидов планировал возвести на данной территории крепость с деревянным кремлем, которая должна была защитить Барнаульский сереброплавильный завод, но по финансовым причинам строительство не было осуществлено, на этом месте в 1772 г. открыли Нагорное кладбище [3].

В настоящее время парк представляет собой естественный зеленый массив, на котором произрастают такие виды, как: пихта, сибирский кедр, клен, ель, а также культурные насаждения яблонь, рябин, сирени, барбариса, маньчжурского ореха. На основе анализа и оценки современного состояния парка разрабатывается архитектурно-планировочное решение территории, подбирается ассортимент древесно-кустарниковой и цветочной растительности, разрабатываются мероприятия по реконструкции данного объекта в целом.

В ходе выполнения исследований выработаны следующие заключения. В первую очередь, необходимо провести реконструкцию дорожно-тропиночной сети. Мощение дорожек - неотъемлемый элемент ландшафтного дизайна и благоустройства территории. Тип, стиль, дизайн дорожки, безусловно, должен соответствовать выбранному стилю сада или парка, гармонизировать с окружающим пейзажем и строением, расположенным на территории [5]. Но самое важное – мощение дорожек должно быть безопасным, комфортным, устойчивым к агрессивным средам, любым погодным условиям, температурным колебаниям, износу.

Покрытия должны быть разнообразны по своему рисунку, окраске, материалам. Наблюдения в садах и парках показали, что при прогулках посетитель затрачивает до 30 % времени на восприятие и осмотр того, что находится у него под ногами или на горизонтальных плоскостях при ближайшем рассмотрении. Поверхность дорожек и площадок воспринимается посетителем с различных точек: с видовой площадки, с плоских крыш зданий или с террас. Покрытия несут существенную информацию для посетителя, например, крупный орнамент покрытия из цветных плит на площадке входа в парк создает особый «настрой», как бы подготавливает посетителя к восприятию территории объекта, его пейзажей и сооружений. Рисунок покрытия главной аллеи парка может "направлять" движение посетителей, вызвать интерес, создать настроение. В нагорном парке следует использоваться дорожное покрытие из известняка, различного орнамента; рисунок должен ориентировать посетителя по зонам парка [6].

Следующий важный этап – приобретение качественного посадочного материала (саженцев), доставка и непосредственно посадка материала в почву, проведение необходимых мероприятий уже существующих насаждений. При озеленении территорий крупных парков и лесопарков и создания массивов из деревьев используют стандартные саженцы высотой до 2 м [7].

Также в парке рекомендуется возвести малые архитектурные формы, такие как: парковые скамьи, скульптуры, фонтан, стенды для афиш и реклам, садово-парковые сооружения (газоны, беседки), урны, киоски, павильоны, торговые лотки и др. Малые архитектурные формы могут подразделяться на декоративные и утилитарные, а по способу изготовления - на изготовленные по типовым проектам из типовых элементов и конструкций, а также по специально разработанным проектам [8].

Выводы. Реконструкция парка задумана с целью улучшения условий нагорной части города, создание уюта, уголков для отдыха посетителей. Парки выражают потребность человеческой души в общении с природой в условиях города [9].

ЛИТЕРАТУРА:

1. [Интернет ресурс]. <http://www.gradzeleno.ru/sadi-i-parki/>
2. Теодоронский В.С. Объекты ландшафтной архитектуры: Учебник для студентов спец. 260500/ В.С. Теодоронский, И.О. Богоя. М.: МГУЛ, 2003. 380 с.
3. [Интернет ресурс] <http://sib.fm/news/2015/09/23/vlasti-zakryli-nagornyj-park-v-barnaule-na-vremja-poiska>.
4. Ильинская Н. Восстановление исторических объектов ландшафтной архитектуры. СПб: Стройиздат. 1993. 159 с.
5. Николаевская И.А. Благоустройство территорий: Учеб. пособие для студ. сред. проф. образования/ 4-е изд., стер. /И.А. Николаевская М.: Издательский центр «Академия»; Мастерство, 2010. 272 с.

6. Теодоровский В.С. Озеленение населенных мест. Градостроительные основы: Учебное пособие для вузов. / Теодоровский В.С., Жеребцова Г.П. М. Издательский центр «Академия», 2010. 256 с.
7. Гостев В.Ф. Проектирование садов и парков. 1991.
8. Вергунов А.П. Русские сады и парки / А.П. Вергунов, В.Д. Горохов. М.: Культура, 1996. 431 с.
9. Лотарев Р.М. Города-заводы России XVIII – первой половины XIX вв. / Р.М. Лотарева. Екатеринбург, 1993.

УДК 556.5

Р.С. Гиневский, А.Д. Горбовская, В.А. Лазарев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА СЕСТРОРЕЦКИЙ РАЗЛИВ

Сестрорецкий Разлив - объект культурно-исторического наследия Курортного района Санкт-Петербурга - является искусственным водоемом, созданным для нужд оружейного завода в бассейне рек Черная и Сестра в 1721-1732 гг., и представляет водохранилище с площадью зеркала воды 10,3 км². Площадь водосбора составляет 56,3 тыс. га, объем воды – около 16200 м³ [1]. К береговой линии Разлива примыкает заказник регионального значения - особо охраняемая природная территория - Сестрорецкое болото. Водоохранилище, благодаря своему замедленному водообмену, мелководности и наличию антропогенного загрязнения находится под угрозой эвтрофирования.

Целью работы является изучение факторов, влияющих на экологическое состояние водохранилища и поиск мер по его экологической защите. Оценка приводятся по результатам анализа литературных источников и полевых исследований.

Для выявления причин ухудшения состояния Разлива были изучены результаты исследований за последние десятилетия. По оценке гидрохимического состояния, приведенной в 2010 году, кислородный режим водоема в целом благоприятен, содержание растворенного кислорода в водах достаточно высокое и колеблется в пределах 8,1-11,1 мг/л (при ПДК не < 6 мг/л для водоемов рыбохозяйственного пользования). Однако в устье р. Черная его содержание значительно меньше и составляет всего 2,3 мг/л [2]. Кроме этого, во всех пробах воды выявлено присутствие повышенного содержания железа. Состояние водных объектов оценивается по классам сапробности, которые отражают уровень антропогенного загрязнения воды органическими веществами [3]. По результатам исследования вод Разлива и р. Черная их следует отнести к полисапробным, категории – грязные воды.

При выполнении гидрохимических исследований в 2015 г. водотоков р. Черная, р. Сестра и Водосливного канала было выявлено: превышение ПДК цинка, меди, ртути и других элементов; 63% проб не соответствует норме; содержание ртути в р. Сестра достигло 9 ПДК. За время проведения работ были зафиксированы крупные сбросы сточных вод, анализ проб которых показал превышения различных компонентов, в том числе – фосфата и ртути. Гидробиологические исследования в Сестрорецком Разливе в сентябре и октябре 2015 г выявили массовое поражение рыбы токсиколами легкой и средней степени [4].

Годовой твердый сток рек - один из определяющих факторов заиления водохранилища. У Разлива скорость осадконакопления 3 см/год; именно высокая скорость органического осадконакопления является одной из главных его проблем [5]. Такая интенсивность приводит к быстрому сокращению объема и площади водоема. Причиной этого являются, прежде всего, наличие на водосборе сельскохозяйственных угодий, различных производственных комплексов. Среди них - предприятия по добыче и доставке строительного песка, производству железобетонных изделий и сухих строительных смесей, производству

пластиковой упаковки и др. Кроме того, непосредственно в водоохранной зоне находятся садоводческие хозяйства населенных пунктов. Все это, вместе с замедленным водообменом водохранилища, приводит к накоплению загрязняющих веществ и взвешенных частиц.

Авторами была проведена оценка современного экологического состояния притоков Разлива, а именно устья р. Черная и Сертоловского ручья. Эти притоки выбраны не случайно: ведь результаты анализа других работ указывают на наличие существенного загрязнения именно со стороны реки Чёрная. В ходе работы оценивалось состояние русла и прилегающих территорий, определялись органолептические свойства речной воды в наиболее доступных участках (у мостов и переправ). Результаты исследования приведены в табл. 1.

Качество воды водных объектов должно соответствовать требованиям СанПиН [6], согласно которым вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые непосредственно. Двум баллам соответствует запах, который замечается непосредственно и без нагревания, если обратить на это внимание, нулю баллов – полное отсутствие запаха. На исследуемых водотоках были выявлены следующие факторы воздействия (в скобках даны номера участков):

- 1) несанкционированные свалки в прибрежной линии, входящие в водосборную площадь (1-3);
- 2) присутствие крупного мусора в русле (1);
- 3) поваленные деревья в русле, ограничивающие водоток (1-3, 7);
- 4) наличие садово-огородных участков в непосредственной близости от ручья (3-6).

По данным исследований в 2010 г. [7] общая площадь зарастания водоема макрофитами достигает 153.7 га, что составляет 15% площади озера. Полученные ранее данные позволяют прогнозировать дальнейшие ухудшения гидрохимического состояния разлива. В работах некоторых авторов [8] высказывается предположение о том, что конечной стадией развития экосистемы Разлива при активных процессах эвтрофикации является трансформация его в болото через 75-100 лет. Предполагается, что Разлив прекратит существование как единый водоем не позже чем через 30-40 лет, а сукцессия экосистемы уже началась.

Таблица 2

Результаты органолептического исследования притоков Разлива

№	Описание	Окраска воды	Запах, привкус (баллы)	Примечание
1	Мост	Слабо-желтоватая	0	Свалки, мусор в воде
2	Лесной ручей	б/ц	0	Многочисленные свалки
3	Переправа	Слабо-желтоватая	0	Ливневые стоки, свалки
4	Переправа	Слабо-желтоватая	0	Поваленные деревья в русле
5	Приток из водоёма	б/ц	0	
6	Мост	Интенсивно-желтая	2	
7	Приток от полигона	Коричневая	2	
8	Источник	Желтая	0	Впадает источник питьевой воды
9	Дамба	Желтая	0	Водоток ограничен
10	Ж/д мост	Интенсивно-желтая	2	
11	Мост через р.Чёрная	Интенсивно-желтая	0	Крупные гидробионты
12	Разлив в дельте р. Чёрная	Желтая	0	Крупные гидробионты

Можно предположить и наиболее вероятную картину протекания процесса гибели Разлива. Первоначально (из-за изменения береговой линии и соединения островов) водоем распадется на некоторое число гидравлически не связанных друг с другом водоемов. Те из остаточных водоемов, которые не будут получать подпитки речными водами, постепенно полностью обмелеют, превратятся в пруды, зимой промерзающие, летом в той или иной

степени высыхающие, осенью и весной заполняемые дождевой и талой водой. Естественно, крупные гидробионты в таких прудах погибнут, будут развиваться процессы эвтрофикации.

Существуют экологические проблемы, связанные со стоком его притоков. Из результатов исследований р. Черная и Сертоловского ручья можно сделать вывод о существенном загрязнении отдельных участков. Несмотря на это, в непосредственной близости к ним существует большое количество источников сравнительно чистой, в том числе - питьевой воды. Этот факт позволяет предполагать, что качество воды по мере удаления от населенных пунктов и приближения к водохранилищу улучшается.

Состояние Разлива в целом вызывает серьезные и обоснованные опасения. Требуются дополнительные исследования и налаживание системы мониторинга состояния водоема, но уже очевидно, что имеют место явные признаки дистрофикации. Поскольку водохранилище представляет культурно-историческую ценность и значительно влияет на микроклимат района, окружающую среду, то его сохранение необходимо.

Выводы. По мнению авторов, возможными мерами экологической защиты Разлива являются дноуглубительные и руслоочистительные работы на Сертоловском ручье и реке Черная, а также последующий контроль за качеством протекающих вод. Подобные мероприятия для самого Разлива требуют дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Опекунов А.Ю., Кийко О.А., Авдюничев В.В., Иванова В.В. Результаты геоэкологических исследований оз. Сестрорецкий Разлив // Вестник СПбГУ. 2003. Сер.7 (Вып. 3). №23. С. 108-119.
2. Колтышев А.Е. Оценка эколого-гидрохимического состояния водохранилища Сестрорецкий Разлив по результатам его обследования в 2010 году // Science Time. 2014. №7 (7). С. 148-155.
3. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду. СПб.: Изд-во С.-Петерб. Ун-та, 2006. 261 с.
4. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга:[Электронный ресурс]. URL: <http://www.infoeco.ru>.
5. Шмакова М.В., Кондратьев С.А. Оценка заиления водохранилищ по данным о годовом твердом стоке притоков (на примере Сестрорецкого Разлива) // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014. № 34. С. 134-141.
6. СанПиН 2.1.5-980-00 2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов.
7. Распопов И.М. Высшая водная растительность водохранилища Сестрорецкий разлив в Курортном районе г. Санкт-Петербурга // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19. № 3. С. 133-139.
8. Колтышев А.Е. Экспертный прогноз развития водохранилища Сестрорецкий Разлив // Science Time. 2014. №7(7). С. 156-163.

УДК 697

А.И. Кынева, Н.О. Семашкина, Д.О. Семашкина, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ТРАНСМИССИОННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗДАНИЯ

Строительная отрасль потребляет более 40% всех энергетических ресурсов планеты, на нее приходится значительная доля вредных выбросов углекислого газа и твердых отходов, но в тоже время она является и наиболее перспективной областью для внедрения новых идей и концепций для создания устойчивой среды обитания людей.

Одним из самых рациональных методов снижения потребления энергоресурсов и выбросов в атмосферу является уменьшение тепловых потерь здания за счет улучшения его теплоизоляционных характеристик. Особое внимание необходимо уделять ограждающим

конструкциям, т.к. именно через них происходит наибольшее количество трансмиссионных потерь.

Энергоэффективность наружных ограждающих конструкций зданий зачастую обеспечивается за счет использования фасадных систем, включающих минеральные теплоизоляционные материалы. К наиболее известным и распространенным строительным стеновым системам следует отнести следующие: вентилируемые конструкции утепления наружных стен или (как принято их называть) - вентилируемые фасады; невентилируемые конструкции утепления наружных стен с использованием минераловатных и полистирольных плит с креплением их непосредственно на стены или на каркас; различные сочетания этих двух вариантов систем с использованием местных утеплителей [1, 2]. Навесные вентилируемые фасадные системы предоставляют собой конструкции, теплоизоляционного и ветрозащитного слоев и облицовочного покрытия.

Цель исследования - обоснование преимуществ технологии навесных фасадных систем по сравнению с традиционными строительными решениями.

В качестве теплоизоляционного слоя применяются материалы из стеклянного штапельного волокна и каменной ваты. В качестве ветрозащитного слоя – проницаемые для водяного пара, но водо- и воздухо непроницаемые пленки, холсты или ткани. В качестве облицовочного покрытия – металлический и виниловый сайдинг, панели из профилированных металлических листов, фасадные керамические плиты, композитные панели и др. Вентилируемый воздушный зазор шириной 25-100 мм располагается между наружным облицовочным покрытием и теплоизоляционным слоем.

К преимуществам навесных вентилируемых фасадов относят:

- наличие облицовочного покрытия из листовых или плитных материалов, который предохраняет утеплитель от механических повреждений, атмосферных осадков, воздействия ветра и улучшает внешний вид здания;
- наличие вентилируемого зазора, который исключает накопление влаги, образующейся за счет диффузии водяных паров изнутри, и улучшает температурно-влажностный режим ограждающей конструкции;
- обеспечение нормативных теплотехнических характеристик утеплителя, надежно защищающих его от увлажнения;
- нивелирование термических деформаций;
- исключение необходимости в предварительном выравнивании поверхности несущей стены;
- выравнивание дефектов и неровностей поверхности;
- длительный срок эксплуатации (до 50 лет);
- возможность использования современных отделочных материалов;
- летом нивелирует перепады температуры поверхности стены, способствует поддержанию комфортного микроклимата в помещении.

При этом навесные фасады заставляют забыть нас о таких проблемах, как трещины стен, осыпающаяся сырая штукатурка и необходимость постоянного ремонта фасада. Они гарантируют прекрасный внешний вид на многие десятилетия, и, как следствие, - экономию расходов на текущий ремонт здания. Еще одно важное преимущество технологии навесных фасадных систем по сравнению с традиционными строительными решениями - возможность воплощать в жизнь самые смелые архитектурные проекты. Конструкция фасада позволяет устраивать отделку наружной стены - радиальной или лекальной кривизны - так же легко, как и прямолинейную плоскость. А отсутствие видимых стыков между плитами позволяет добиться эффекта монолитности. Таким образом, теперь стало возможным создавать гладкие бесшовные вентилируемые фасады, в том числе криволинейные и большие по площади [3].

В ходе выполнения работы выявлено, что применение вентилируемых фасадов для снижения трансмиссионных потерь дает широкие возможности при строительстве новых и

реконструкции существующих зданий. Из сравнения расчетов теплотерь для традиционных ограждающих конструкций и для вентилируемых навесных фасадов видно, что сопротивление теплопередаче при использовании вентилируемых фасадов на 20% выше, чем при использовании традиционных ограждающих конструкций, что положительно влияет на энергоэффективность всего здания в целом [4].

Выводы. При установке навесного вентилируемого фасада нет необходимости делать толстые несущие стены, так как навесные фасады прекрасно сохраняют тепло, и поэтому снижаются затраты на стеновые материалы. Вентилируемые фасады предназначены не только для облицовки новых строений: с их помощью также можно снизить тепловые потери старых зданий со «слабыми» фундаментами, которые не могут быть отделаны другими покрытиями из-за их большого веса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бадюдин М.А., Кочева М.А. Энергосберегающие технологии на примере навесных фасадов // IV Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум», 15 февраля – 31 марта 2012 года.
2. Энергоэффективность фасада [Электронный ресурс] URL: <http://сро-энергоаудит.рф> (дата обращения 06.10.16).
3. Гладкий бесшовный фасад – с Кнауф Аквапанель Навесная фасадная система [Электронный ресурс] URL: <http://www.arhinovosti.ru> (дата обращения 06.10.16).
4. Голованова Л.А., Блюм Е.Д. Энергоэффективные строительные конструкции и технологии. Ученые заметки ТОГУ. 2014. Т. 5. № 4. С. 71-77.

УДК 628.1.03:504.5У

А.А. Липатова, С.А. Лыткин, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЧИСТКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ РЕКИ ИЖОРА

Из-за постоянно нарастающего антропогенного фактора на все компоненты природной среды возникают определенные проблемы рационального использования водных экосистем. Перераспределение загрязняющих веществ и поступление их в водные объекты приводит к их различными химическими элементами, в том числе - тяжелыми металлами и нефтепродуктами.

Приостановить подобные изменения можно только целенаправленным воздействием на факторы, способствующие снижению загрязнения сбросных вод и активизации процессов самоочищения, а также - разработкой новых современных методов восстановления и очистки воды от разных видов загрязняющих веществ [1].

Цель работы является исследование проблемы восстановления водной экосистемы реки Ижора.

Река Ижора берет свое начало от слияния двух рек - Пудость и Соколовка в деревне Скворицы и является нижним левым притоком реки Невы. Река равнинная, протекает по Силурийскому плато на юге и в центре - по Приневской низменности [2].

Существует критическая ситуация ввиду больших количеств сбросов сточных вод в реку Большую Ижорку от различных предприятий. Так, выявлено превышение на ОАО «Санлит-Т» по 6 загрязняющим веществам; на ООО «Аквафор» - по 8; на ОАО «Усть-Ижорский фанерный комбинат» - по 12. Не соответствуют нормам сбросы сточных вод от ЗАО «Стройполимер» в реку Малая Ижорка, где обнаружены превышения по 6 компонентам, в том числе: по марганцу - в 46 раз.

По всем выявленным нарушениям природоохранная прокуратура приняла меры прокурорского реагирования: вынесены постановления о возбуждении дел об административных правонарушениях. В результате проверки в 2014 г. выявлены предприятия, сбрасывавшие токсичные отходы в реки Ижора и Славянка в Санкт-Петербурге.

По последним данным в реке Ижора нарушение нормативов по содержанию загрязняющих веществ было отмечено по 10 показателям. Абсолютное содержание растворенного кислорода ниже нормы было зафиксировано в июне и сентябре 2014 года (4,8 и 4,3 мг/дм³). Относительное содержание кислорода ниже нормы было отмечено в марте, июне, сентябре и декабре 2014 года (42-68 %). Во всех отобранных пробах отмечено превышение: меди – 1,3-5,6 ПДК; ХПК – 1,3-2,9 ПДК; железа общего – 1,2-6,1 ПДК; БПК – 1,1-4,0 нормы; в 50% проб – марганца – 1,7-14,1 ПДК; в 33% проб – цинка – 1,2-1,8 ПДК; в 17% проб – свинца – 1,1-1,5 ПДК. В половине отобранных проб наблюдались превышения ПДК концентрации азота аммонийного (2,6 ПДК) и азота нитритного (18,9 ПДК); высокое загрязнение концентрации азота нитритного было зафиксировано в мае [3].

Существует ряд мер по восстановлению экосистемы реки Ижоры; предлагается один из них, который состоит из трех этапов: технической реабилитации водоема, биологической реабилитации, восстановления береговой экосистемы. Для очистки реки, уничтожения илов из отстойников систем городских очистных сооружений и предприятий, а также для ликвидации свалок необходимо провести разгораживание реки на секции, выборку донных отложений и осуществить сброс избыточных вод.

Очистку реки начинают с истока путем разгораживания участка русла реки на секции поперечными временными запрудами, число которых может составлять шесть и более. Изолированную секцию (последнюю по течению реки в разгороженном участке) используют как барьер для предотвращения прорыва воды сверху и для подготовительных работ по уборке поверхности реки; следующую, (выше последней) - для разработки и удаления донных отложений; третью - для отмывки глыб и гравия от ила и накопления пульпы; четвертую - для выделения из пульпы песка; пятую - для отстаивания воды от остатков ила; шестую - для формирования нового дна из глыб, гравия и песка и заполнения ее технически чистой водой.

Продукты выборки донных отложений отмывают от ила с последующим его обезвреживанием в аппаратах активации процессов и выделением смеси соединений вредных компонентов. Отмытые от ила крупные камни, гравий и песок укладывают вновь на очищенное от осадка дно реки. Все продукты обработки донных отложений (кроме металлолома и смеси соединений тяжелых металлов) используют вновь для формирования участка нового дна реки, предварительно очищенного от осадка. Для пропуска избыточных вод реки применяют разборный секционный желоб, а для компенсации залповых сбросов воды в реку используют дополнительный насос и водовод, которые располагают параллельно желобу. Это позволяет произвести удаление осадков из реки, а их переработка не сопровождается попаданием в реку вредных компонентов.

Поскольку река сильно загрязнена (медь, марганец, цинк, железо, свинец), постольку способность к самоочищению у реки слишком мала. Поэтому необходимо использовать технологию, основанную на восстановлении реки с помощью заселения гидробионтов-фильтраторов, к которым относятся: прибрежные и водные растения-макрофиты, беспозвоночные, а также микроорганизмы. После внедрения гидробионтов в реке происходит восстановление гидробиосистемы, способной в дальнейшем улучшать качество воды [4].

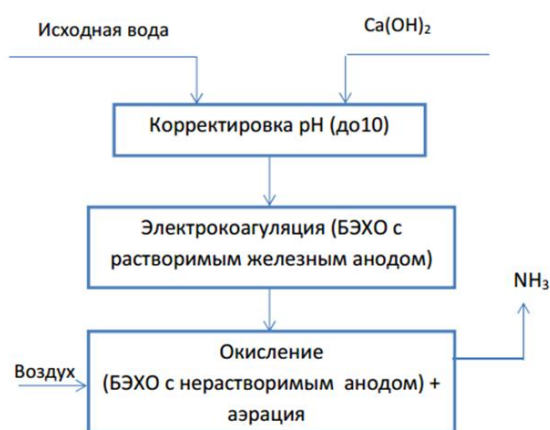


Рис. 6

На основании проведенных исследований была разработана принципиальная технологическая схема очистки воды от соединений бора, аммония, железа и других компонентов электрохимическим методом (рис. 1).

Вследствие того, что по последним данным относительное содержание кислорода было ниже нормы (42-68%), следует использовать метод принудительной аэрации, предназначенный для повышения содержания растворенного в воде кислорода и повышения самоочищающей способности водных систем.

Устройство для принудительной аэрации состоит из рабочей камеры (цилиндра), внутри которой имеются всасывающий (воздухозаборный) и нагнетательный клапан поршня, совершающего в камере возвратно поступательное движение, и выходного перфорированного воздухопровода, обеспечивающего выпуск нагнетаемого кислорода в водный объект. Само устройство крепится к мосту (пешеходному или автомобильному), привод штока осуществляется под действием внешней механической силы (проезжающего автомобиля или проходящего по мосту пешехода) [4].

На последнем этапе восстановления следует не забывать, что в очищении воды активно задействованы многие виды наземных экосистем, примыкающих к реке, поэтому необходимы мероприятия по сохранению не только генофонда и популяций видов прибрежных экосистем, но и их функциональной активности. Это достигается восстановлением в береговой зоне определенного вида зеленых насаждений и различных живых организмов, присущих этой экосистеме.

Выводы. Представленный метод очистки водной экосистемы позволит очистить реку Ижору от ряда загрязняющих веществ и органических соединений, что позволит вернуть ее для культурно-бытового водопользования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сметанин В.И. Методы и технологии рекультивации и восстановления водных объектов. Автореферат диссертации Москва. 2000.
2. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2014 году. Под редакцией И.А. Серебрицкого. СПб.: ООО «Дитон», 2015.
3. <http://www.proberega.ru/ochistka-prudov.html>.
4. Политова Н.В., Кириченко Ю.В. Использование инструмента инженерно-геологического районирования для разработки мероприятий по восстановлению естественной гидросети мегаполисов // Научный вестник Московского государственного горного университета. 2010. № 1.

УДК: 67. 25.21

Г.И. Орехова, Ю.И. Барышникова, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ СПОРТИВНОГО ПАРКА

В настоящее время получили развитие спортивные парки, в основе которых лежит принцип организации комплекса открытых и закрытых спортивных сооружений. Такие парки позволяют жителям городов проводить активный отдых на свежем воздухе, что способствуют укреплению здоровья и физическому развитию.

Одним из основных элементов инженерной подготовки территории спортивного парка является вертикальная планировка, представляющая собой процесс искусственного изменения естественного рельефа [1]. Вертикальная планировка выполняет множество функций: обеспечение отвода поверхностных вод; создание условий для удобного движения пешеходов по садово-парковым дорожкам, аллеям; создание выразительных форм рельефа или максимальное приспособление существующего рельефа; создание благоприятных условий для растительности; организация рельефа с целью устранения явлений почвенной эрозии, укрепления склонов, крутых берегов водоёмов [5].

Цель работы – исследование особенностей вертикальной планировки как элемента инженерной подготовки территории спортивного парка.

Изменение существующего рельефа парковых территорий чаще всего носит локальный характер. Планировочные работы в основном связаны с прокладкой транспортных и пешеходных путей, выравниванием площадок под парковые здания и сооружения [4].

Кроме того, для вертикальной планировки спортивного парка необходимо учитывать особенности его конструктивных элементов: спортивных площадок, парковых дорог, троп; различных типов садово-парковых насаждений; малых архитектурных форм; инженерных сооружений – поверхностного водоотвода, дренажа [2].

Основными методами вертикальной планировки являются метод проектных профилей и метод проектных – «красных» – горизонталей. В практике разработки проекта вертикальной планировки парков применяется метод проектных горизонталей в сочетании с методом продольных и поперечных профилей.

Проектирование вертикальной планировки объекта озеленения ведется, как правило, в следующей последовательности:

- 1) проектирование планировочных элементов территории, требующие строгого соблюдения допускаемых уклонов поверхности – аллей, парковых дорог, дорожек, площадок различного назначения;

- 2) проектирование участков, предназначенных под зеленые насаждения и допускающих разнообразные уклоны поверхности (газоны, цветники, посадки деревьев и кустарников) [5].

Проект вертикальной планировки разрабатывают в одну или две стадии. Одностадийный проект разрабатывается обычно при проектировании несложных и небольших по площади объектов [1].

Первая стадия - это разработка схемы вертикальной планировки территории на основе генерального плана объекта, определение общего высотного решения территории по проектным отметкам и уклонам поверхности, обеспечивающим организацию стока поверхностных вод. При этом изучается рельеф объекта, анализируются его формы и намечаются возможные изменения. Разработав схему вертикальной планировки и получив «высотный каркас» территории объекта, намечают направления стока поверхностных вод, устанавливают линии открытых лотков ливневой канализации, участки для водопоглощающих колодцев. Вторая стадия – детальный проект вертикального решения территории путем нанесения новых горизонталей и проектирования нового рельефа территории.

Для вертикальной планировки каждого конструктивного элемента спортивного парка характерны свои особенности. Главные парковые дороги создаются двускатными, в ряде случаев с разделительной полосой для газона с цветниками или размещения скульптуры. Вертикальную планировку пешеходных путей проектируют, выдерживая продольные уклоны 4-60‰. Минимальные уклоны назначают исходя из требований водоотвода, а максимальные – с учетом удобства передвижения. Условиями удобства вызвано и ограничение длины участков с большими уклонами. Наибольшая длина участков с большими уклонами – 300 м; между этими участками устраивают площадки отдыха [3].

Поперечный профиль пешеходных путей обычно принимают односкатным (с уклоном, зависящим от типа покрытия). Если тротуар расположен вдоль проезжей части, то его проектируют с поперечным уклоном к магистрали и приподнимают на высоту бортового камня (обычно 0,15 м). На перекрестках высота бортового камня тротуара снижается до 0,08 м.

На площадках отдыха в парках, как правило, проектируют фонтан, скульптуру, клумбу. Это обязывает придавать площадке симметричный профиль с небольшими поперечными и продольными уклонами (не менее 5...6‰). Детские и хозяйственные площадки проектируют односкатными или двускатными. Поперечные уклоны назначают 15-30‰, а продольные не менее 5‰ [5].

Велосипедные дорожки отделяют от улиц полосами безопасности, а в стесненных условиях – барьерами. Продольные уклоны назначают не более 5 ‰, а поперечные – 15-25 ‰. Профиль дорожек делают односкатным, при одностороннем движении – с разделительной полосой [3].

К спортивным площадкам предъявляют повышение требования относительно поперечных и продольных уклонов поверхности: проектируют двускатными, реже односкатными или четырехскатными, с минимально допустимыми уклонами 4 ‰ (для отвода поверхностных вод). Иногда их располагают на плоскостях, приподнятых относительно проектного рельефа на 0,5 м, что способствует быстрому высыханию после дождя [1].

Территорию под спортивные площадки используют с равнинным рельефом с небольшим уклоном. Площадку проектируют с гребнем по ее оси, которая ориентируется по направлению север-юг ($\pm 30^\circ$). Уклоны от гребня к ее краям не должны превышать 5 ‰ [5].

Выводы. Таким образом, вертикальная планировка является обязательной частью подготовки территории спортивного парка. Для выполнения вертикальной планировки такого объекта необходимо учитывать особенности подготовки территории для зеленых насаждений, спортивных площадок, парковых дорог и других конструктивных элементов в комплексе, при этом максимально сохраняя естественный рельеф, существующие зеленые насаждения и обеспечивая незатопляемость территорий речными, морскими и паводковыми водами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий / В.В. Владимиров, Г.Н. Давидянс, О.С. Расторгуев, В.Л. Шафран. М. Изд-во: Архитектура–С, 2004 г. С. 18-48.
2. Горохов В.А. Городское зеленое строительство. М.: Изд-во: Стройиздат, 1991 г. 126 с.
3. Кузнецова И.Н. Вертикальная планировка городских территорий. Омск: Изд-во: СибАДИ, 2011. 39 с.
4. Леонтович В.В. Вертикальная планировка городских территорий. М. Изд-во: Высш. Шк., 1985. 108 с.
5. Теодоронский В.С. Садово-парковое строительство. М.: Изд-во: МГУЛ, 2003.

УДК 551.43 (571.61)

В.В. Сапоненко, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИИ ОТ НИХ

Исследования оползневых процессов являются весьма актуальной темой, поскольку при строительстве новых объектов и при эксплуатации уже возведенных они представляют собой угрозу для всех видов инженерных сооружений. Оползни причиняют огромный ущерб народному хозяйству, приводят в негодность сельскохозяйственные угодья, создают опасность при добыче полезных ископаемых, повреждают коммуникации и электрические

сети, уносят жизни людей. Во многих случаях оползневые явления чрезвычайно затрудняют эксплуатацию карьеров, автомобильных дорог, железнодорожных линий, повреждают водохозяйственные сооружения, главным образом - плотины [0]. Кроме того, они могут перегордить плотину, образовать завальное озеро и способствовать наводнениям, а также порождать губительные волны в озерах и заливах. Оползни наносят существенный ущерб народному хозяйству. Они угрожают движению поездов, автомобильному транспорту, жилым домами и другим постройкам. При оползнях интенсивно идет процесс выбывания земель из сельскохозяйственного оборота. Таким образом, наносимый ими народнохозяйственный ущерб может быть весьма значительным [0].

Цель исследования: выявление причин происхождения и условий образования оползневых процессов, теоретическое обоснование решения проблем оползнеопасных территорий.

Оползнем называется отрыв или скользящее смещение горных пород, слагающих склон, вниз по склону под действием силы тяжести вследствие механического разрушения, а также - течение пород склона и его основания без потери контакта между смещающейся и неподвижной частью массива.

Оползни возникают на склонах долин или речных берегов, в горах, на берегах морей, самые грандиозные - на дне морей. Наиболее часто оползни образуются в каком-либо участке склонов, сложенных чередующимися водоупорными и водоносными породами. Силы связности грунтов или горных пород оказываются в какой-то момент меньше, чем сила тяжести; вся масса приходит в движение. Нарушение их равновесия и ослабление прочности вызываются как естественными, так и искусственными причинами. К естественным причинам относятся увеличение крутизны склона в результате подмыва грунтовыми водами, ослабление прочности пород при выветривании или переувлажнении осадками, воздействие сейсмических толчков. К искусственным или антропогенным факторам относятся строительная и хозяйственная деятельность человека, проводимая без учета геологических условий местности, вырубка лесов и кустарников на склонах, создание отвалов пород вблизи шахт и карьеров, строительство дорог и путей сообщения в горных районах, производство взрывных работ, способствующих образованию трещин в породах, строительство на непрочном фундаменте, отсутствие понимания риска оползней и системы предупреждения. При возведении строительства на холмах, на краю горных склонов, либо обрывов, зачастую происходит сползание грунта; при этом сползает и сооружение [0].

Для выявления оползневых склонов первостепенное значение имеет изучение морфологии склонов. Появление беспорядочной бугристости в основании склона, наличие трещин, уступов (особенно с обратным уклоном), свежих стенок отрыва и других форм, чуждых обычному склону долины или берега озера, указывает на развитие оползневых явлений. Иногда на оползень указывают и бугристые нагромождения на дне долины [4].

Оценка устойчивости скальных массивов должна производиться на базе детального анализа и напряженного состояния. Наибольшее распространение в инженерной практике для оценки допустимого уровня нагрузок или прочности получил коэффициент запаса: $K_3 = B/A \geq 1$ (здесь B - результирующая сил сопротивления, или мобилизованная прочность материала в критической области; A - результирующая всех действующих сил, или действующее напряжение в критической области).

Однако использование этого параметра в механике скальных пород не всегда удобно и корректно. Оценивать запас прочности или устойчивости можно лишь для конкретной расчетной схемы и с учетом определенного воздействия, которое может вывести массив из равновесия. Поэтому коэффициент запаса может использоваться только для сопоставления различных решений, получаемых для одного скального массива [5].

Наиболее действенной защитой от оползней является их предупреждение. Оползень обычно начинается не внезапно. Вначале: появляются трещины в грунте; разрывы дорог и береговых укреплений; смещаются здания, сооружения, телеграфные столбы; разрушаются подземные коммуникации. При этом очень важно вовремя заметить эти первые признаки и составить правильный прогноз о дальнейшем развитии оползня. Следует также учитывать, что оползни движутся с максимальной скоростью лишь в начальный период, далее скорость движения постепенно снижается. На оползневых участках организуется постоянное наблюдение за перемещением грунтов, уровнем воды в колодцах, дренажных сооружениях, системах отвода сточных вод, буровых скважинах, реках, водохранилищах, а также - за выпадением и стоком атмосферных осадков. Особенно тщательно такое наблюдение организуется в весенне-осенний периоды, когда больше всего выпадает осадков.

Противооползневые мероприятия по своему характеру разделяются на две группы: пассивные и активные. К пассивным относятся охранно-ограничительные мероприятия, такие как: запрещение подрезки оползневых склонов и устройства на них всякого рода выемок; запрещение строительства на склонах и на указанной полосе сооружений, прудов, водоемов, объектов с большим водопотреблением без конструктивных мер, полностью исключающих утечку воды в грунт; запрещение взрывов и горных работ вблизи оползневых участков; ограничение скорости движения железнодорожных поездов в зоне, примыкающей к оползневому участку; запрещение устройства водонепроницаемых пластырей в зоне разгрузки грунтовых вод; охрана древесно-кустарниковой и травянистой растительности (использование растительности направлено на закрепление и осушение склона. В таком случае предусматривается сплошное травосеяние, посадка влаголюбивого кустарника, облесение склона; запрещение неконтролируемого полива земельных участков; недопущение сброса на оползневые склоны ливневых, талых, сточных и других вод.

К активным относятся противооползневые мероприятия, проведение которых требует устройства различного рода инженерных сооружений. Инженерные методы борьбы с оползнями устанавливают на основе изучения природных условий, выяснения основных причин неустойчивости и аналитических расчетов предельного равновесия массивов грунта.

В практике как основные мероприятия применяются: подпорные конструкции (контрфорсы) для предотвращения оползневых процессов; контрбанкеты у подошвы действующего или потенциального оползня, которые своим весом препятствуют смещению земляных масс; искусственное уплотнение и закрепление грунтов на склоне предусматривает проведение различных инъекций (цементация, битумизация, силикатизация, глинизация); замораживание грунтов; уплотнение электроосмосом. Обеспечение устойчивости возводимых сооружений в зоне действий оползня преследует цель повышения безопасности и включает мероприятия: по удалению неустойчивого массива на всю его мощность (до коренных неоползнеопасных пород); закладку глубинных фундаментов, опирающихся на устойчивые породы; устройство фундамента из буронабивных свай; использование каркасных конструкций; армирование крутых откосов геосинтетическими сетками и каркасами; применение железобетонных поясов.

Такое природное явление как эрозия земной поверхности не поддается человеческому управлению, поэтому для защиты почв от деформации и разрушения ее слоев используются специальные технологии. В качестве примеров рассмотрены геосинтетические материалы (геоматы), подпорные стены и габионы, а также несколько других видов инженерных мероприятий.

Геоматы – это трехмерные водонепроницаемые, гибкие и прочные структуры из полимерных материалов, других синтетических или природных элементов, соединенных между собой термическим, механическим или другим способом, которые используются для закрепления грунтовых частей, корней трав или небольших растений, а так же применяются

в геотехнике или других областях строительства. Противоэрозийные геосинтетические материалы предназначены для надежного укрепления сыпучих почв и неустойчивых грунтов посредством содержания в своей структуре частиц грунта и семян растений, которые могут выступать дополнительным армирующим фактором.

Еще одним активным методом геозащиты являются подпорные стены - разнообразные инженерные сооружения, выполняющие задачу удержания оползневого массива. Другой способ – торкретирование представляет собой струйное нанесение бетонной смеси на поверхность откоса.

Выводы. Таким образом, с учетом причин происхождения и условий образования оползневых процессов для теоретического обоснования решения проблем оползнеопасных территорий необходимо использовать методы измерений в совокупности с методами моделирования и прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трутнева Н.В. Оползни и их проявление на территории Амурской области // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. 2008. № 55. С. 86-96.
2. Глобальная сеть рефератов Allbest.ru. Рубрика: Геология, гидрология и геодезия. http://otherreferats.allbest.ru/geology/00166547_0.html (Дата обращения: 08.10.2016).
3. Чалкова Ю.С., Черепанов Б.М. Оползневые процессы, их прогнозирование и борьба с ними // Ползуновский вестник. 2007. №1-2. С. 80-89.
4. Голосова О.А. Защита объектов от оползней // Мир транспорта. 2008. № 4. С. 120-123.
5. Милайлов В.О. Математическое моделирование катастрофических селей, обвалов и оползней // Наука и современность. 2008. № 2. С. 72-78.

УДК 712.4.01

Н.В. Соколова, А.А. Авдеева, И.Д. Шлыкова, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

«ЗЕЛЕНОЕ» СТРОИТЕЛЬСТВО В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

«Зеленое» строительство в экстремальных условиях Крайнего Севера требует особого подхода, поскольку природно-климатические условия влияют на жизненную среду растений и деревьев, определяя условия их существования и формы приспособления. С другой стороны, растения и деревья при соответствующей организации озеленяемых территорий способны благотворно влиять на микроклимат в городах и поселках. В то же время в озеленении северных городов и поселков имеется много нерешенных проблем. Так, во многих северных населенных пунктах количество внутригородских насаждений ниже норматива. К тому же ассортимент используемых в зеленом строительстве деревьев, кустарников, многолетних трав и цветочных растений беден [1].

В Сибирском регионе активное освоение началось только во второй половине XX в. связи с открытием крупных месторождений нефти и газа. И в первые десятилетия благоустройству и озеленению городов практически не уделялось внимания. В конце XX в. освоение сибирских недр получило новый импульс. Стало расширяться производство, это повлекло к строительству новых городов, расширению старых, упорядочению планировочной структуры городов. Остро встали вопросы благоустройства и озеленения. В настоящее время существует ряд основных причин неудачного проведения озеленительных работ на Севере, их можно подразделить на три группы: 1) климатические; 2) почвенные; 3) организационные (отсутствие генерального плана; несоблюдение правил выкопки, посадки и ухода; отсутствие питомника; недостаток квалифицированных специалистов и др.).

По-прежнему необходима разработка концепции ландшафтного строительства в северных городах таежной зоны Западной Сибири, которая бы включала полный комплекс вопросов ландшафтного строительства, начиная со структурной организации зеленых насаждений и изменения нормативной базы, заканчивая разработкой ассортимента видов и агротехнических приемов с учетом зональных и интразональных природно-климатических факторов [5].

Многолетние исследования показывают, что при облесении территории происходит ряд существенных изменений в лучшую сторону. Растет почвенное плодородие, климат становится более мягким, что является особенно актуальным для территорий Севера. Зимой температура повышается на несколько градусов, происходит защита земель от промерзания. Летом лесная растительность удерживает влагу и в почве, защищая растения от иссушения, и, охраняя подземные источники водоснабжения, в воздухе благодаря процессам транспирации, создавая благоприятный климат [1].

Цель данной работы заключается в том, чтобы дать рекомендации по подготовке территории при озеленении в условиях многолетней мерзлоты.

Природно-климатические условия районов Крайнего Севера и других, обладающих подпочвами, находящимися в состоянии постоянного промерзания, определяют специфику подготовки территории и посадочных мест при озеленении. В каждом конкретном случае необходимо учитывать наличие вечной мерзлоты, особенности режима почвенно-грунтовых вод, низкую биологическую активность почвенных разностей, возможное местное засоление, широко распространенное в ряде районов.

Вечная мерзлота залегает на различной, часто небольшой, глубине. Помимо прямого механического противодействия росту корневых систем древесно-кустарниковых растений она замедляет деятельность микроорганизмов, что приводит к длительному сохранению в почве растительных остатков, слабому ее обогащению гумусом и другими элементами питания вследствие повышенной влажности надмерзлотного слоя почвы, создающей анаэробные условия. Летом, восполняя потери влаги при поверхностном испарении, вода часто выносит большое количество солей, вызывая местное засоление почвы. В этих условиях рекомендуется, осуществлять необходимые инженерно-мелиоративные мероприятия по улучшению водного режима и снятию засоления.

При проведении агротехнических работ глубина разрыхляемого слоя на участках озеленения должна быть не менее 25-30 см. Проводить рыхление лучше весной, после оттаивания верхнего почвенного слоя, безотвальными орудиями. Рекомендуется внесение органических удобрений или хорошей растительной земли в количестве 80-100 т/га и минеральных удобрений. Посадочные ямы должны иметь значительно большие размеры, чем при общепринятой агротехнике. Грунтовые посадки лучше производить в котлован, чем в отдельные ямы. В местах избыточного увлажнения на дно ям и котлованов рекомендуется насыпать щебень слоем 10-15 см. Значительно сложнее подготовка почвы на засоленных участках: в этом случае требуется изменение самого характера движения почвенной влаги путем регулярного и обильного промывочного полива всего участка [4].

При углубленной посадке деревьев и древовидных кустарников, глубина посадочной ямы или траншеи должна составлять 1,5-1,8 м, а ширина - не менее 2 м. На дно ямы насыпают 15-20-сантиметровый слой крупнозернистого песка в смеси со щебнем или гравием, затем 30-40 см смеси из равных частей земли, перегноя и песка. Выше укладывается второй изолирующий слой песка 10-15 см, на котором уже создается подстилаящая подушка из плодородной почвы и размещается ком пересаживаемого дерева так, чтобы корневая шейка находилась на 5-10 см ниже поверхности почвы. При грунтовых посадках в котлован или посадках в траншею рекомендуется придать дну уклон в сторону сброса засоленных вод.

При посадке деревьев и кустарников на засоленном валу на поверхность участка засыпают изолирующий песчано-гравийный слой толщиной 15-20 см, на который последовательно укладывают незасоленную землю (10-15 см), песок (5-10 см) и растительную землю. Ширина вала - 1,5-2 м. Общая высота - 0,6-0,7 м. Ямы для посадки выкапывают по размерам кома высаживаемых деревьев и кустарников. В случае сильного засоления на поверхности почвы укладывают дополнительный изолирующий слой из асфальта или цемента (до 5 см) или производят посадку на валу в деревянных каркасах.

Большое значение имеет и подготовка посадочного материала - деревьев и кустарников, - если они берутся из местных естественных массивов. Выкапывая растения для пересадки, необходимо сохранять ком земли (лучше квадратной формы) для деревьев размер кома должен быть от 0,8 до 1,5 м, а толщина - 0,2-0,4 м, так как корни практически располагаются в самых верхних горизонтах. Для кустарников - 0,3-0,7 м по диаметру и 0,1-0,2 м по толщине. Прежде чем выкопать саженцы лиственных пород, необходимо проредить их крону, лучше за счет нижних ветвей. Посадку следует проводить в сжатые сроки после оттаивания почвы - в июне или августе, до наступления морозного периода [3].

В суровых условиях ассортимент деревьев и кустарников очень мал. Можно рекомендовать для озеленения следующие местные породы деревьев и кустарников:

1. Лиственные породы: береза (*Betula L.*), рябина (*Sorbus L.*), ольха (*Alnus Hill*), различные виды ивы (*Salix L.*), осина (*Populus L.*) и черемуха (*Padus Hill*) [4]. Береза – декоративность очень высокая, газоустойчивость средняя, светолюбива, зимостойка. Рябина - декоративность и газоустойчивость средние, зимостойкость также средняя, иногда до 100%, погибают чаще однолетние побеги, теневынослива, характерна компактная, хорошо облиственная крона. Хорошо сочетается с елью, лиственницей, калиной и пихтой. Ольха – мезофит, теневынослива, зимостойка, газоустойчивость средняя, декоративность очень высокая. Как зимостойкий и декоративный вид может быть успешно использована на влажных почвах. Ива – газоустойчивость очень высокая, декоративность очень высокая, зимостойка. Хорошо переносит пересадку, приживаемость хорошая. Осина – теневынослива, газоустойчивость хорошая, декоративность высокая, быстро растет, хорошо переносит пересадку, зимостойка. Черемуха – газоустойчивость хорошая, декоративность высокая, зимостойка, хорошо переносит пересадку.

2. Хвойные породы: лиственница (*Larix Hill*), ель (*Picea A. Dietr.*), сосна (*Pinus L.*), сибирский кедр (*Pinus sibirica Du Tuor*). Лиственница – светолюбива, быстрорастущая, приживаемость высокая. Предпочитает умеренно влажные некислые почвы. Зимостойкость высокая, газоустойчивость низкая, декоративность очень высокая. Очень положительно отзывается на внесение извести. Пересадку лиственницы лучше производить ранней весной. Выкапывать ее нужно с большим комом земли, не допуская при этом подсушивания корней, пересаживать без предварительной подготовки можно деревья высотой до 1,5-2,2 м. Ель – декоративность очень высокая, зимостойка, хорошо развивается на суглинистой или супесчаной, хорошо дренированной почве. Растет медленно, теневынослива. Лучше всего высаживать группами среди лиственных пород. После пересадки деревца надо регулярно поливать и время от времени обмывать крону распыленной струей воды из шланга. Сосна – декоративность высокая, газоустойчивость низкая, зимостойкая, светолюбивая и быстрорастущая порода. Кедр сибирский – декоративность очень высокая, газоустойчивость хорошая, растет медленно, зимостойкий. Кустарники используют для обсадки деревьев, для создания живых изгородей и бордюров, для одиночных посадок на газонах [4].

Сроки посадки деревьев и кустарников являются важнейшим звеном технологического процесса озеленения. От своевременности посадки в большой мере зависит успех озеленения. По многочисленным литературным данным и личным наблюдениям авторов данной технологии оптимальный срок посадки – весенний, примерно с 25-28 мая по 15 июня.

Особенно рано приступают к пересадке лиственницы. Весенняя посадка должна быть проведена до распускания почек. Запоздывание с пересадкой, высадка с уже лопнувшими почками очень плохо отражается на их приживаемости. Осенью посадку проводят с 1-5 сентября по 5-10 октября в зависимости от погодных условий [2].

Выводы. На засоленных почвах требуется изменение характера движения почвенной влаги путем регулярного и обильного промывочного полива всего участка. При углубленной посадке деревьев и древовидных кустарников, глубина посадочной ямы или траншеи должна составлять 1,5-1,8 м, а ширина - не менее 2 м. Важнейшим элементом в технологии является использование местных видов трав, приспособленных к суровым почвенно-климатическим условиям Севера. В условиях Крайнего Севера при использовании для озеленения местных видов деревьев и кустарников необходимо выкапывать их с комом земли как можно большего диаметра.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кузнецов А.А., Егоров А.А. Вопросы озеленения населенных пунктов Севера: история, перспективы развития // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа № 2 (87): Материалы научной конференции «Освоение Арктики - новый виток в развитии отечественной науки и инноваций». (3-6 декабря 2014 года, г. Салехард). Салехард: 2015, С. 61-62.
2. Тихановский А.Н. Озеленение городов и поселков Крайнего Севера // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. Вып. 44 (ч. 8). С. 118-123.
3. <http://grmetod.ru/stroitelstvo/osobennosti-sozdaniya-nasazhdeniy-v-usloviyah-vechnoy-merzlotyi.html>
4. Горюнова Л.Н. Подготовка и пересадка взрослых деревьев в Мурманской области / Л.Н. Горюнова
5. <http://landscape.totalarch.com/node/19>.

УДК 574

М.С. Ильина, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭКОЛОГИЧНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Безопасность зданий и сооружений находится в прямой зависимости от выбора строительных материалов. Канцерогены, опасные химические соединения, выделяемые в здание, имеют большое влияние на здоровье человека. Кроме того такие жилища влияют не только на отдельных людей, но и ухудшая состояние окружающей среды, потребляя огромное количество энергии и усиливая парниковый эффект из-за выделения в воздух углекислого газа [0].

Социально-эпидемиологические исследования, проведенные учеными многих стран, а также исследования Московского НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сытина РАМН показали, что уровень химического загрязнения жилых помещений очень часто и значительно превышает уровень загрязнения атмосферного воздуха. В воздухе наших квартир и офисов одновременно может присутствовать более 100 летучих химических веществ. А предельно допустимый уровень таких опасных веществ, как ртуть, свинец, аммиак, фенол, формальдегид, зачастую превышен во много раз [0].

Согласно СанПин 2.1.2.729-99 [0] содержание вредных веществ в материалах в разумных пределах допустимо, если их количество не превышает предельно-допустимые концентрации (ПДК). Среди химических веществ, содержащихся в строительных материалах, наиболее распространены: производные бензола, хлорпроизводные углеводороды жирного ряда, фенолформальдегидные смолы, метанол, этанол, асбест [0]. Большинство из них относят согласно ГОСТ 12.1.007-76 ко второму классу токсичности, т.е.

к высокотоксичным соединениям, обладающим кумулятивными и канцерогенными свойствами [0].

Асбест в настоящее время запрещен в России и во многих странах Европы. Несмотря на уникальные свойства асбеста как строительного материала (его волокна не горят и выдерживают высокие температуры, по прочности при растяжении волокна асбеста превосходят стальную проволоку), волокна асбеста при попадании в легкие человека вызывают фиброз легких, поэтому он относится к группе промоутеров - веществ, способствующих воздействию канцерогенов на клетки. С ним связывают редкое онкологическое заболевание - мезотелиому. Различают несколько разновидностей асбеста: амфиболовый и хризотилитовый асбест. Амфиболовый наиболее опасный вид, в отличие от хризотилитового он не выводится из организма человека, а оседает в легких, кроме того, он содержит в себе тяжелые металлы, поэтому именно он запрещен для добычи и использования из него материалов.

Цель работы – анализ экологичности и безопасности материалов, применяемых в строительстве. В строительной индустрии наиболее часто используют полимерные материалы (ПСМ) - соединения определенного химического строения, получаемые из мономеров, олигомеров, полимеров, с введением при изготовлении изделий разнообразных ингредиентов [0]. На основе ПСМ изготавливают блоки, панели, стержни, биостойкие плиты, фанеру. Они входят в состав некоторых клеев и эмалей, а также в качестве связующего вещества теплоизоляционные покрытия [0]. Наиболее широко полимеры используются для покрытия полов, разнообразных отделочных работ, герметизации, гидроизоляции, теплоизоляции, а также производства труб и другого санитарно-технического оборудования.

Примером напольного покрытия на основе ПСМ служит синтетический линолеум; по своему составу он отличается от натурального экологически чистого линолеума. Натуральный линолеум состоит из льняного масла, древесной муки из коры пробкового дерева, сосновой смолы и джутовой ткани; он не представляет опасности для человека, однако по цене он не уступает паркетной доске. Наиболее дешевый и распространенный вариант – синтетический. Наибольшую опасность в его составе представляют искусственные смолы и поливинилхлорид: при нагреве они выделяют вредные для здоровья пары, поражающие печень. Хотя выделяемое количество паров очень мало, линолеум также опасен накоплением в себе статических зарядов, которое возникает трением при ходьбе по синтетическому материалу.

Из-за токсичности ингредиентов ПСМ к ним предъявляются повышенные требования безопасности в эксплуатации. Согласно СанПиН 2.1.2.729–99 это деформационно-прочностные характеристики (конструкционные свойства), устойчивость к действию тепла (температуроустойчивость), агрессивных сред, а также и специальные требования (например, вибростойкость, шумоподавление, ударостойкость и т.п.) [0]. Зибарев П.В. и Зубкова Т.П. в своих исследованиях газовой выделений у ПП и ПСМ доказывают: даже при незначительном тепловом воздействии (солнечный свет, отопление и т.д.) такие соединения, как ацетон, эфиры, ацетаты, уксусная кислота и этанол, обладают эффектом суммации рефлекторно-резорбтивного действия на организм человека (табл. 1) [0]. Однако, по утверждению Лукинский О.А., защититься от этого достаточно просто, если тщательно изолировать подполья, а плиты перекрытия и стены (особенно зоны стыковых соединений в полносборных домах) покрыть битумно-каучуковыми мастиками, армированными неткаными материалами на основе хлопка, вискозы и лавсана, общей толщиной слоя около 0,5 мм [0]. Если бетонные конструкции имеют радиоактивность, превышающую уровень естественного фона, необходимо тщательно прошпаклевать все видимые трещины, расширяющимися при твердении составами и проклеить их тем же нетканым материалом с последующей оклейкой плотными бумажными обоями [0].

Таблица 3

Количество формальдегида CH_2O , выделившегося из 100 г карбамидного пенопласта (ПП) при температуре 20°C в зависимости от времени [0]

Время, ч	Номер образца	Количество CH_2O , мг/100 г ПП, X	x, мг
1	1	6,00	6,05
	2	6,10	
	3	5,95	
48	1	1,96	2,03
	2	2,10	
	3	2,15	
144	1	1,10	1,23
	2	1,12	
	3	1,35	

Кроме того, еще одним решением является использование сорбционно-активных веществ [0], например - волокон целлюлозы, полученных из отходов картонного производства, с примесями лигнина, карбонатом магния, натрия, кальция и кальция, с большим добавлением их фосфатов и нитратов. Объем такого волокна составляет 75-90 %, длина волокон целлюлозы - 150-250 мкм, толщина - 1-5 мкм. По данным института экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН ГУПР такое вещество относится к V классу опасности для окружающей среды. Проведенные исследования [0], показали, что такой материал можно использовать не только как волокнистый наполнитель, но и как сорбционно-активное вещество, способное на различных этапах эксплуатации зданий и сооружений поглощать вредные органические вещества, выделяющиеся из материалов.

В настоящее время развивается концепция «зеленого строительства», в котором экологические аспекты зданий и сооружений играют большую роль. В связи с этим внедряются новые строительные материалы на основе безопасных для природы и человека веществ. Такими веществами являются гуминовые вещества (ГВ). ГВ - это широкий класс соединений, которые выполняют посреднические функции между живым и минеральным миром. Высокая гидрофильность ГВ позволяет создавать на их основе ионообменные мелиоративные материалы для рекультиваций территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью человека, а также - для территорий, загрязненных тяжелыми металлами. Уникальные свойства материалов на основе ГВ позволяют назвать их материалами для «зеленого строительства» [0].

Таким образом, чтобы поддерживать чистую окружающую среду, жить в гарантированном экологическом комфорте, при выборе строительных материалов, прежде всего, необходимо руководствоваться безопасностью для человека. В этом случае мы не только будем гарантировать долговечность зданий и сооружений, но и обеспечивать защиту окружающей среды [0].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бюи, С. Дом в стиле «эко»: использование природных строительных материалов, не наносящие вред здоровью человека и окружающей среде // GEO. 2008. № 3. С. 70-78.
2. Лукинский О.А. Экология строительных материалов // Жилищное строительство. 2008. № 3. С. 19-21.
3. Баталин Б.С., Козлов И.А. Строительные материалы и экологическая безопасность жилища // Наука и безопасность. 2012. №3(3). С. 153-158.
4. Зибарев П.В., Зубкова Т.П. Экологическая безопасность полимерных строительных материалов. Анализ газовой выделений. Экологический контроль, прогнозирование. 2006.

5. Полимеры и полимерсодержащие строительные материалы, изделия и конструкции. Гигиенические требования безопасности. СанПиН 2.1.2729-99. Минздрав России, 1999. 12 с.
6. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы. М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 1998. 69 с.
7. Зубкова Т.П. Строительные материалы и изделия // Вестник ТГАСУ. 2007. № 3.
8. Технические указания по устройству гидрозащиты подземных конструкций зданий. ГАСИС и Госжилинспекция. М., 2007. С. 86.
9. Лиштван И.И., Капуцкий Ф.Н., Абрамец А.М. и др. Гуминовые кислоты каустобиолитов как основа новых материалов для охраны окружающей среды и «зеленого» строительства // Химия в интересах устойчивого развития. 2009. С. 275-281.
10. Киреева О.А., Котова Д.О. Рациональный выбор строительных материалов с точки зрения экологической безопасности // Международный студенческий вестник. 2014. № 3. С. 13.

УДК 692.4

В.Л. Баденко, Ш.Р. Богданов, Т.Ю. Лапыгина, П.В. Чумаков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время достаточно большое количество людей приобретают загородные дома или занимаются их строительством самостоятельно. С течением времени каждый начинает задаваться вопросом, связанным с конструированием кровли; и одной из главных проблем является выбор материала для ее покрытия: он должен прослужить не только много лет, но и быть выгодным с экономической точки зрения. Кровельные покрытия подвергаются воздействию многочисленных факторов и работают в сложных климатических условиях по сравнению с другими частями здания. В первую очередь, это - воздействие атмосферных осадков, которые содержат вредные примеси; также кровля подвергается влиянию солнечной радиации, ветровой нагрузки и других неблагоприятных факторов [2].

Благодаря большому многообразию строительных материалов крыши могут изготавливаться как из металла, так и с применением камыша.

Цель данной работы – сравнительный анализ наиболее распространенных при строительстве кровельные материалы, таких как цементно-песчаная черепица, керамическая черепица, деревянная кровля, металлочерепица, битумная (мягкая) черепица, ондулин (волнистые листы), сланцевая кровля. Произведем по представленным материалам сравнительный анализ по различным критериям, начиная от физико-технических характеристик, заканчивая их стоимостью (табл. 1).

Для сравнения материалов, представленных в табл. 1, переведем абсолютные значения характеристик в относительные единицы. При нахождении значения тех параметров, которые улучшаются в порядке возрастания численного значения величины, используем формулу: $i_{nm} = x_{nm}/x_{nmax}$, где i – относительное значение величины, x – абсолютное значение величины, n – характеристика материала, m – материал, max – максимальное значение. Проанализировав параметры для сравнения кровельных материалов, можно заметить, что цена, теплопроводность, водопоглощение и электропроводность должны иметь наименьшие значения. Для того чтобы найти относительные значения характеристик, которые улучшаются в порядке уменьшения численного значения величины, воспользуемся следующей формулой: $i_{nm} = x_{nmin}/x_{nm}$ (здесь i – относительное значение величины, x – абсолютное значение величины, n – характеристика материала, m – материал, min – минимальное значение).

Просуммировав все относительные значения по каждому из материалов, получим комплексную оценку для сравнения. Результаты сведем в табл. 2а и 2б.

Таблица 1

Наименование материалов	Металло-черепица		Сланцевая кровля		Керамическая черепица		Нормативное значение
Состав материалов	Металл, краситель		Пластины природного камня		Глина, краситель		
Характеристики	аб. зн-ие*	от. зн-ие**	аб. зн-ие	от. зн-ие	аб.зн-ие	от. зн-ие	
Масса 1 м ² , кг	4	0,75	40	0,075	40	0,075	3
Ударопрочность ¹	1	0,25	1	0,25	2	0,50	4
Сопротивление нагрузки ²	1	0,33	2	0,67	3	1,00	3
Водопоглощение, %	1	1,00	6	0,17	6	0,17	1
Теплопроводность ³	3	0,33	2	0,50	1	1,00	1
Звукоизоляция ⁴	1	0,20	4	0,80	5	1,00	5
Термостойкость, °С	100	0,20	400	0,80	500	1,00	500
Электропроводность ⁵	2	0,50	1	1,00	1	1,00	1
Морозостойкость, циклы	500	0,17	100	0,33	300	1,00	300
Стойкость к коррозии ⁶	1	0,50	2	1,00	2	1,00	2
Стойкость к выцветанию ⁷	2	0,67	3	1,00	3	1,00	3
Эстетичность ⁸	2	0,67	3	1,00	3	1,00	3
Долговечность, лет	10	0,09	110	1,00	100	0,91	110
Сложность монтажа ⁹	2	0,33	4	0,25	3	0,33	1
Гарантийный срок службы, лет	5	0,17	30	1,00	30	1,00	30
Цена за 1 м ² , у.е.	7	0,57	60	0,067	20	0,20	4
Комплексная оценка	6.900	9.872	12.185	Комплексная оценка		6.900	

* - абсолютное значение; ** - относительное значение; ¹ 1 – не ударопрочная, 4 – ударопрочная; ² 1 – низкое, 3 – высокое сопротивление нагрузке; ³ 1 – низкая, 3 – высокая теплопроводность; ⁴ 1 – наихудшая, 5 – отличная звукоизоляция; ⁵ 1 – не накапливает, 2 – накапливает электрический заряд; ⁶ 1 – не устойчива, 2 – устойчива к коррозии; ⁷ 1 – низкая, 3 – высокая стойкость к выцветанию; ⁸ 1 – низкая, 3 – высокая эстетичность; ⁹ 1 – простота монтажа, 4 – требуется работа профессионала

Таблица 4а

Наименование материалов	Цементно-песчаная черепица	Керамическая черепица	Металлочерепица	Битумная (мягкая) черепица
Состав материалов	Песок, цемент, краситель	Глина, краситель	Металл, краситель	Стеклохолст, пропитка, СБС, полимер, битум
Комплексная оценка	11,585	12,185	6,900	11,055

Таблица 5б

Наименование материалов	Ондулин (волнистые листы)	Шиферная кровля	Сланцевая кровля	Деревянная кровля
Состав материалов	Картон, пропитка битумом	Асбест, цемент	Пластины природного камня	Лиственница
Комплексная оценка	9,755	9,360	9,872	11,213

Сравнив значения комплексных оценок, приходим к заключению, что наилучшим кровельным материалом, согласно нашему методу исследования, является керамическая черепица, она имеет наивысший показатель среди всех материалов. Деревянная кровля имеет показатель чуть ниже. В ходе наших исследований было установлено, что по массе она практически в три раза легче ($M_{\text{дер.кровли}} = 15 \text{ кг}$), а ударопрочность в два раза выше по сравнению с керамической черепицей, при этом стоимость деревянного покрытия не намного больше. Но морозостойкость кровли, выполненной из дерева, значительно уступает керамической черепице (F50 и F300 – марка по морозостойкости деревянной кровли и керамической черепицы соответственно), а водопоглощение в пять раз больше. Поэтому, если улучшить данные показатели современными методами, то деревянное покрытие будет превосходить по итоговому результату кровлю, выполненную из керамической черепицы.

Выводы. Такой метод исследования не является абсолютно объективным, так как при подборе кровельного материала для конкретного случая, необходимо определить по каким именно характеристикам необходимо вести расчет, и количество сравнительных параметров может быть в десятки раз больше (поскольку они варьировать в зависимости от климатических особенностей региона, экономического или эстетического обоснования, а также - от иных факторов) [1-3, 5].

Направлением дальнейших исследований является использование различных весов для факторов, определяющих комплексную оценку. Для этого предполагается использовать метод парных сравнений Саати и методы нечетких множеств [4, 6]. Проблема с выбором материала для кровли будет всегда актуальна, поскольку с развитием современных технологий ассортимент строительных материалов на рынке становится все шире [2].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Чусова О.В. Сравнительная оценка кровельных материалов. Вологодские чтения. 2004. № 38(2). С. 254-256.
2. Бондаренко И.Н., Созинов С.В., Нейман С.М. Современные кровельные материалы и конструкции кровель, используемые для жилых и промышленных зданий // Вестник МГСУ. 2010. № 4-5. С. 31-37.
3. Гуца Е.В., Корнеева А.Г. Современные кровельные и гидроизоляционные материалы // Строительные материалы. 2001. № 3. С. 17-19.
4. Баденко В.Л. Анализ экологических рисков в ГИС на основе нечетких множеств // Информация и космос. 2013. № 3-4. С. 78-84.
5. Орлова С.С., Алигаджиев Ш.А. Преимущества и недостатки кровельных покрытий зданий и сооружений // В сборнике: Современная наука: теоретический и практический взгляд. Международная научно-практическая конференция. 2015. С. 258-260.
6. Kurtener D., Badenko V. GIS fuzzy algorithm for estimating the quality of soil parameter evaluation of attribute data quality // Geomatics Info Magazine. 2001. Vol. 15. No 3. С. 76-79.

УДК 349.44

Е.И. Погодина, В.Л. Баденко, К.А. Кузьмин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ГРАНИЦ СЕРВИТУТА В ОТНОШЕНИИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИЛИ МУНИЦИПАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Высокоэффективное и устойчивое развитие экономики и всей страны в целом невозможно без организации рационального использования земельно-имущественного комплекса и управления земельными ресурсами [1].

На практике (при оформлении прав на земельные участки) у землеустроителей часто возникают вопросы о требованиях к оформлению различной документации, в том числе - схемы

границ сервитута на кадастровом плане территории при оформлении сервитута на земельные участки, находящиеся в государственной или муниципальной собственности.

Одним из видов вещных прав является сервитут – ограниченное право пользования чужим земельным участком. Публичные сервитуты могут устанавливаться для прохода или проезда через земельный участок, в том числе - в целях обеспечения свободного доступа граждан к водному объекту общего пользования и его береговой полосе; для использования земельного участка в целях ремонта коммунальных, инженерных, электрических и других линий и сетей, а также объектов транспортной инфраструктуры; размещения на земельном участке межевых и геодезических знаков и подъездов к ним и в других целях [2].

Соглашение об установлении сервитута должно содержать: кадастровый номер земельного участка, в отношении которого предполагается установить сервитут; учетный номер части земельного участка, применительно к которой устанавливается сервитут, за исключением случая установления сервитута в отношении всего земельного участка; сведения о сторонах соглашения; цели и основания установления сервитута; срок действия сервитута; размер платы и другие сведения.

Таблица 1

Перечень нормативных актов

Землеустроительная документация	Нормативный акт, утверждающий форму документа
Карта (план) объекта землеустройства	Постановление Правительства РФ от 30 июля 2009 г. N 621 «Об утверждении формы карты (плана) объекта землеустройства и требований к ее составлению»
Межевой план	Приказ Минэкономразвития РФ от 24 ноября 2008 г. N 412 «Об утверждении формы межевого плана и требований к его подготовке, примерной формы извещения о проведении собрания о согласовании местоположения границ земельных участков»
Технический план	Приказ Минэкономразвития РФ от 10 февраля 2012 г. N 52 «Об утверждении формы технического плана объекта незавершенного строительства и требований к его подготовке»; Приказ Минэкономразвития РФ от 23 ноября 2011 г. N 693 «Об утверждении формы технического плана сооружения и требований к его подготовке»; Приказ Минэкономразвития РФ от 29 ноября 2010 г. N 583 «Об утверждении формы технического плана помещения и требований к его подготовке»; Приказ Минэкономразвития РФ от 1 сентября 2010 г. N 403 «Об утверждении формы технического плана здания и требований к его подготовке»
Акт обследования	Приказ Минэкономразвития РФ от 20 ноября 2015 г. N 861 «Об утверждении формы и состава сведений акта обследования, а также требований к его подготовке» (вступает в силу с 1 января 2017 г.)
Кадастровый паспорт	Приказ Минэкономразвития РФ от 25 августа 2014 г. N 504 «Об утверждении форм кадастровых паспортов здания, сооружения, объекта незавершенного строительства, помещения, земельного участка, кадастровых выписок о земельном участке, о здании, сооружении, объекте незавершенного строительства и кадастрового плана территории»
Кадастровая выписка	
Кадастровый план территории	
Схема расположения земельного участка на кадастровом плане территории	Приказ Минэкономразвития РФ от 27 ноября 2014 г. N 762 «Об утверждении требований к подготовке схемы расположения земельного участка или земельных участков на кадастровом плане территории и формату схемы расположения земельного участка или земельных участков на кадастровом плане территории при подготовке схемы расположения земельного участка или земельных участков на кадастровом плане территории в форме электронного документа, формы схемы расположения земельного участка или земельных участков на кадастровом плане территории, подготовка которой осуществляется в форме документа на бумажном носителе»

В случае заключения соглашения об установлении сервитута в отношении земельного участка, находящегося в государственной или муниципальной собственности, на срок до трех лет допускается по соглашению сторон установление сервитута в отношении части такого земельного участка без проведения кадастровых работ, без осуществления государственного кадастрового учета указанной части земельного участка и без государственной регистрации ограничения (обременения), возникающего в связи с установлением данного сервитута. В этом случае граница действия сервитута определяется в соответствии с прилагаемой к соглашению об установлении сервитута схемой границ сервитута на кадастровом плане территории [2].

Как правило, требования к оформлению различной землеустроительной документации утверждаются соответствующим нормативным актом (табл. 1).

Авторами предлагается оформление документа, представленное на рис. 1.

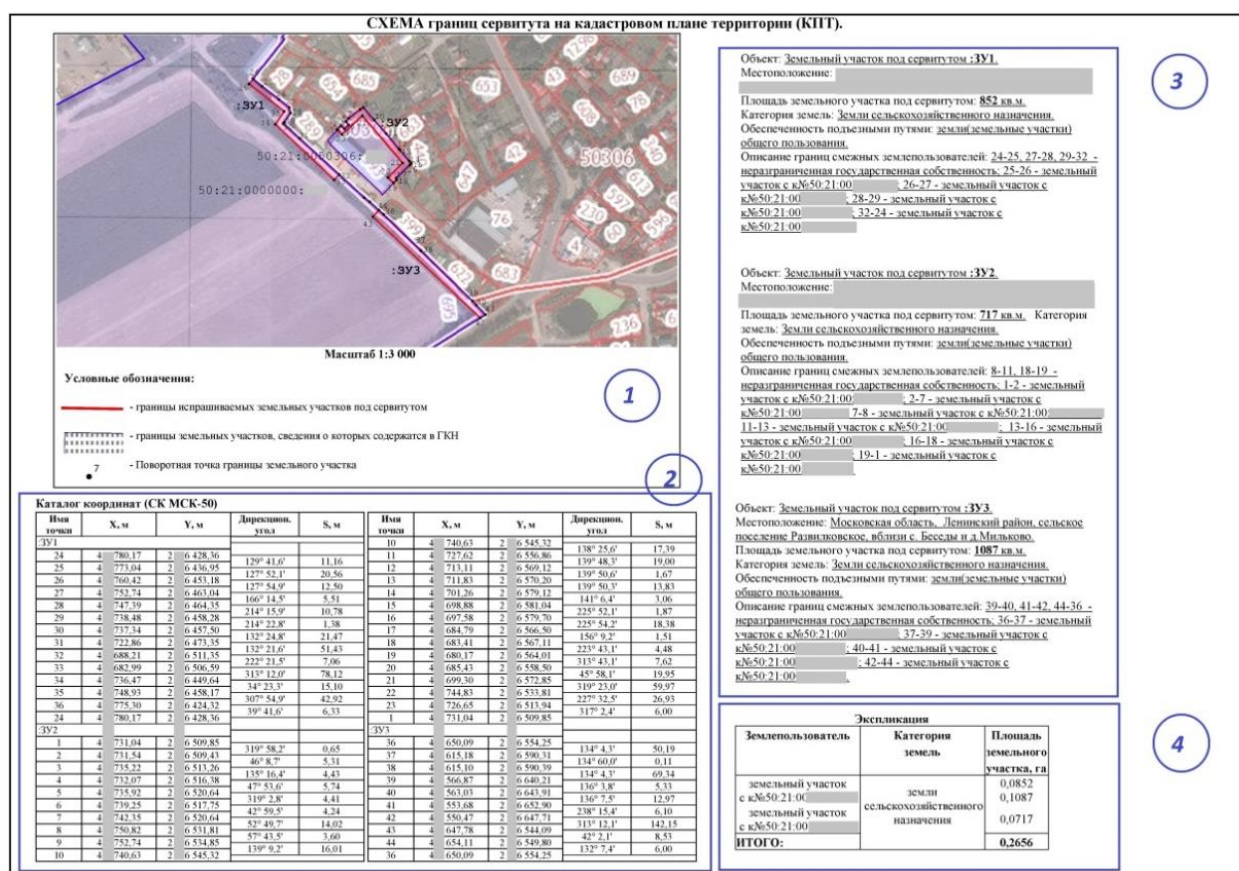


Рис. 1. Схема границ сервитута на кадастровом плане территории:

1 – Схема границ сервитута с использованием картографической основы и данных публичной кадастровой карты. Масштаб схемы 1:3000, 1:2000, 1:1000, зависит от площади части земельного участка, обременяемой сервитутом. На схеме отображаются границы земельных участков, границы действия сервитута, поворотные точки.

2 – В каталоге координат указываются все поворотные точки, координаты которых определяются картографическим методом. Точность координат должна обеспечивать однозначное определение границ сервитута на местности.

3 – В данном разделе указываются сведения о частях земельных участков, в границах которых планируется сервитут. Перечисляются смежные пользователи и кадастровые номера соседних земельных участков.

4 – Приводится экспликация с указанием общей площади границ сервитута (при наличии нескольких частей земельных участков).

В случае заключения соглашения об установлении сервитута с неверной или недостаточно точной схемой его границ, использование части земельного участка в целях, для которых устанавливается сервитут, будет невозможным. Например, если право ограниченного пользования оформляется для проведения реконструкции объектов капитального строительства - линейных сооружений, - то без наличия правильно оформленного права пользования земельным участком строительная организация не сможет получить разрешения на строительство.

Приведенная схема оформления границ сервитута позволяет, не проводя дорогостоящие кадастровые работы, однозначно определить границы действия сервитута, что позволит правильно оформить соглашение об установлении сервитута и избежать дальнейших споров при пользовании чужим земельным участком. Точное определение границ сервитута необходимо, в частности, - для расчета соразмерной платы владельцу земельного участка за пользование его частью.

Можно сделать вывод, что утверждение подобной схемы границ сервитута на кадастровом плане территории окажет весьма значительно влияние на развитие земельных правоотношений и даст стимул дальнейшему совершенствованию земельного законодательства [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Грачева О.С. Новое законодательство об ограниченных вещных правах на земельные участки // Юридическая наука и практика: вестник Нижегородской академии МВД России. 2015. № 4(32). С. 95-100.
2. Земельный кодекс РФ от 25.10.2001 N 136-ФЗ.
3. Федеральный закон от 24.07.2007 N 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости».
4. Баденко В.Л., Гарманов В.В., Осипов Г.К. Государственный земельный кадастр (на землях населённых пунктов). Под редакцией Н.В. Арефьева. СПб., 2003. 320 с.
5. Гарманов В.В., Погодина Е.И., Пилипенко Е.А. и др. Использование материалов мониторинга земель в процессе управления землепользованием // Сборник докладов молодежной НПК в рамках XLIII Недели науки СПбПУ, Секция «Природообустройство»/ СПбПУ. СПб., 2014. С. 37-40.

УДК 712.5

Е.П. Дегтярева, С.М. Елизарова, С.Я. Павлов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АЭРАЦИЯ ГОРОДСКИХ БЕССТОЧНЫХ ВОДОЕМОВ НА ПРИМЕРЕ ПРУДОВ В ПАРКЕ АВИАТОРОВ И ПУЛКОВСКОМ ПАРКЕ

В последнее время стали актуальны мероприятия по улучшению состояния городских водоёмов. Они включают: мероприятия по улучшению качества воды; укрепление кустарниковой растительностью берегов; ликвидацию засорения бытовым мусором и т.д. [1]. В настоящей работе рассматриваются только мероприятия по улучшению качества воды водоёма. В качестве объекта исследования авторы рассматривают пруды в Пулковском парке и парке Авиаторов (Санкт-Петербург). Авторами было проведено визуальное обследование объектов, в результате которого было установлено, что пруды находятся в дистрофной стадии эвтрофикации. У прудов малоэстетичный вид, вода имеет неприятный запах. Пребывание отдыхающих на берегах водоёмов может быть небезопасным в случае попадания воды на слизистые оболочки. Поэтому в мероприятия по благоустройству прудов должны быть включены меры по очистке и поддержанию качества воды для дальнейшего рекреационного использования территории.

Цель исследования – разработка мероприятий по улучшению качества воды до состояния, обеспечивающего соответствие требованиям нормативных документов [6, 7].

В настоящее время для улучшения качества воды городских водоёмов используются: аэрация, обратный осмос, грубая очистка, сорбционная очистка, обезжелезивание воды, умягчение воды, УФ обеззараживание. По мнению авторов, наиболее подходящим способом для водоёмов пейзажного стиля для условий Северо-Запада России является аэрация водоёмов. Под аэрацией в данном случае понимается естественное или искусственное поступление воздуха в воду. Аэрация особенно актуальна для таких территорий, в которых нельзя обеспечить нормативный водообмен.

В [6, 7] предлагается следующая классификация способов аэрации.

1. Биологические способы аэрации

Биологические способы аэрации базируются на регулировании фотосинтеза водных растений, чаще всего - фитопланктона. Это достигается созданием оптимальных условий для его роста и развития. При корректировании кислородного режима биологическими методами следует иметь в виду, что фотосинтез может проходить только в светлое время суток в фототрофном слое с хорошей прозрачностью, т.е. уровень фотосинтеза, а, следовательно, и кислородный режим водоёмов зависят от продолжительности дня, интенсивности инсоляции, ветрового режима и некоторых других климатических характеристик. Авторы полагают, что в условиях переменчивости погодных условий Северо-Запада биологические методы регулирования кислородного режима не могут дать надёжных результатов. Недостатком биологических методов является и рост массы планктона, что не улучшит внешний вид водоёма.

2. Химические способы аэрации

Химическая аэрация заключается во внесении химических реагентов, которые взаимодействуя с водой, выделяют кислород. К ним относятся перекись водорода, марганцовокислый калий, перекись кальция и некоторые другие. Химические методы не подходят для бессточных городских прудов, т.к. такой вид аэрации всегда дороже, чем механический из-за большого объёма воды в прудах (дозировки рассчитывают, как правило, на объём), а так же по холодной воде реакция проходит значительно медленнее.

3. Физико-механические способы аэрации

Физико-механические способы основаны на усилении массообмена воды с кислородом воздуха при их искусственным или естественным смешивании. В процессе смешивания кислород воздуха растворяется в воде. Усиления массообмена можно добиться: увеличением площади контакта воздуха с водой и увеличением времени контакта воздуха с водой; обеспечением смены слоев поверхности абсорбции воды и воздуха [2].

Для парка Авиаторов и Пулковского парка авторы предлагают осуществить с помощью физико-механических способов, который обеспечивается установкой плавающих аэраторов. Авторы предлагают использовать аэрационные фонтаны [3]. Этот способ аэрации достаточно широко используется за рубежом (парк Буэн Ретиро в Мадриде, а так же в США, Голландии, Германии). Характерными особенностями аэрационных и декоративных фонтанов являются: малая глубина погружения оборудования, простота сборки и эксплуатации, способность быстрого изменения режима работы (в комплект поставки включены несколько сменных насадок), возможность комплектации фонтанов подводной подсветкой, что увеличит декоративную функцию пруда. Комплект подбирается в зависимости от размеров водоёма (площади поверхности воды) [4].

Площадь поверхности пруда парка Авиаторов составляет 31 851 м² [5]. Авторы рекомендуют аэратор фирмы Aqua Control, модель - Display Aerator Select Series. Подбор аэраторов производится из расчета 1 л/с на 4 000 м² площади водоема. Следовательно, для данного пруда необходимо 8 аэраторов, мощностью 5,50 кВт, модели Crown Gusher. Для

пруда Пулковского парка площадью 4700 м² предлагается аналогичная модель аэратора. Для данного водоема необходимо два аэратора мощностью 5,50 кВт. Наиболее простой способ крепления плавающих фонтанов и аэраторов, применяемый для небольших прудов, береговое крепление (рис. 1). При большом объеме воды (или где возможно проявление вандализма) предпочтителен метод якорения (рис. 2).

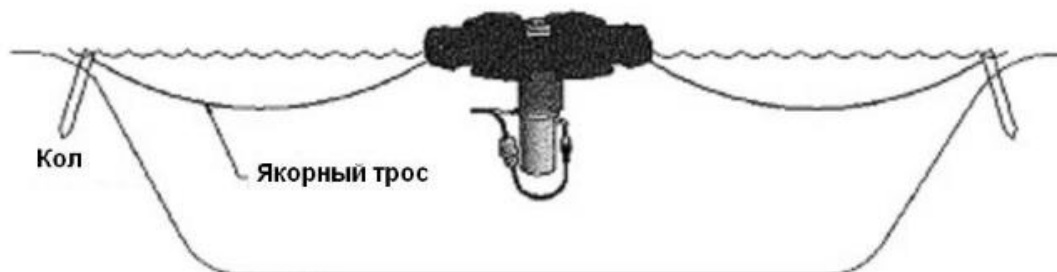


Рис. 1. Схема берегового крепления кольшками



Рис. 2. Схема берегового крепления якорением

Для данных прудов оптимальным является якорное крепление со значительным удалением аэраторов от берега.

Авторами предложена рациональная система по улучшению качества воды в Пулковском парке и Парке Авиаторов – использование плавающих аэраторов; рекомендована марка аэраторов - Aqua Control Display Aerator Select Series, их мощность - 5,50 кВт, количество – 10 шт.

Авторы полагают, что данные мероприятия улучшат внешний вид рассмотренных прудов, их санитарное состояние. Предполагается, что после испытания аэрации пруда в одном из парков и получения положительных результатов этот способ аэрации может быть использован и на других водоёмах Санкт-Петербурга.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Об утверждении Правил охраны поверхностных водных объектов [Текст]: постановление Правительства РФ от 5 февраля 2016. № 79.
2. Боровков В.С., Волшаник В.В., Орехов Г.В. Инженерные системы водооборота и аэрации для очистки воды в городских водных объектах // Экология урбанизированных территорий. 2010. № 2.
3. Дегтярева Е.П., Волынец М.А., Погодина Е.И. Мероприятия по улучшению качества воды в водоеме на примере парка Авиаторов // Инновационная наука. 2016. № 6-2. С. 60-62.
4. ООО «БТА Группа» [Электронный ресурс]:/ <http://www.btagroup.ru/promo/cleanwater/> свободный, дата обращения 17.05.16.
5. Распоряжение Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга от 26.03.2008 N 34-р.
6. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы.
7. ГОСТ 17.1.5.02-80. Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов.

КРЕПОСТНЫЕ РВЫ: РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КЛАССИФИКАЦИИ

В настоящее время каменные крепости утратили прежнее оборонительное значение, но они ещё остаются памятниками архитектуры и наглядным пособием по изучению истории. Состояние крепостных рвов, как неотъемлемого элемента любой крепости, в большинстве случаев неудовлетворительное. Их реставрация обычно проводится позже и менее тщательно, чем крепостных стен и башен. Наряду с этим состояние склонов, русла рва и уровень воды в нём непосредственно влияют на процессы, происходящие в фундаментах и на территории крепостей, и определяют общий облик объекта фортификации. Для определения видов и объёмов работ по реставрации рва необходима классификация рвов по разным признакам.

Целью работы является создание классификации рвов, основанное на обзоре современного состояния объектов, и выделении характерных конструктивных, эксплуатационных и технических признаков. Для достижения указанной цели были собраны и проанализированы материалы по истории и современному состоянию крепостных рвов при каменных крепостях Восточной и Западной Европы.

Городская крепость может считаться главной местной достопримечательностью, что подтверждается расположением крепости в историческом центре города, её богатой историей, массивностью и эстетичностью самого сооружения. Однако, в большинстве случаев современное состояние объекта сильно отличается от состояния в тот период, когда он ещё имел военное значение. Ветшают и разбираются деревянные и каменные элементы. Крепостные стены сносят для проведения транспортных магистралей: ул. Братьев Рогатинцев в Львове [1], ул. Ленинградская в Вологде [2], Пушкинская (Садовая) ул. во Пскове [3]. При строительстве дорог крепостные рвы также засыпаются частично или полностью. Известна практика обустройства территории рвов и устройства на их месте парков. В середине XIX века рвы Таллина было решено преобразовать в парк: пруд Шнели является единственной сохранившейся до наших дней частью системы крепостных рвов.

Даже если ров не уничтожен при хозяйственной деятельности, природные воздействия разрушают или существенно изменяют искусственно созданную структуру. Грунт оползает со склонов, дно рва заиливается и заболачивается. Рвы, которые созданы с помощью расширения существующего маловодного водотока, возвращаются к своему естественному состоянию (река Ладожка у Староладожской крепости).

Укрепления, оказавшиеся в глубоком тылу, как правило, финансировались по остаточному принципу, поэтому стены и рвы обслуживались на минимально-необходимом уровне, либо оставались без внимания властей. Некоторые крепости на границах сохраняли некоторый оборонительный потенциал и ещё использовались во время позиционной обороны в первой половине XX века. В результате боевых действий крепости получали сильные повреждения и не всегда восстанавливались [4].

Перечисленными причинами можно объяснить большое количество утраченных рвов средневековых и бастионных крепостей на территории Восточной и Западной Европы. Сохранившиеся же укрепления и рвы весьма сильно различаются по своему состоянию, расположены в различных природных условиях и требуют различных мероприятий по восстановлению, поддержанию удовлетворительного состояния и оценки целесообразности восстановительных работ [5].

Для принятия обоснованных решений по разработке проектов реконструкции крепостных рвов, являющихся объектами культурного и исторического наследия, а также с целью упрощения выбора методов реконструкции авторами исследования предлагается классифицировать объекты по следующим признакам.

I. Классификация рвов по соответствию их современного состояния облику крепости в рамках принятой концепции реставрации. При составлении концепции реставрации архитектурного ансамбля определяется период из истории существования крепости, на который и производится реставрация. Объекты на территории ансамбля приводятся к состоянию, соответствующему принятому периоду. Соответствие внешнего вида рва внешнему виду крепости является одним из простейших, но важных критериев, позволяющих оценить целесообразность проведения мероприятий по изменению профиля рва и уровня воды в нём. Качественно устроенные откосы и стабильный водоток могут быть неуместны при сохранении самой крепости в «романтическом» руинированном состоянии.

1. Состояние рва соответствует состоянию крепости. В Несвижском замке в ходе последней реставрации в 2010 г. замковые рвы 2 м в глубину и 8 м в ширину были очищены от наносов, растительности, и их внешний вид соответствует общему состоянию укреплений. Аннинские укрепления на острове Твердыш в Выборге: в настоящее время ров перед укреплениями сухой, так же, как в середине XIX века.

2. Состояние рва не соответствует состоянию крепости. В Великом Новгороде стены детинца приведены к состоянию на XVI век, в то время перед стенами находится заполненный водой ров глубиной до 14 м [6].

II. Классификация крепостных рвов и их отдельных участков по степени сохранности.

1. Полностью сохранившиеся: глубина рва и конфигурация склонов соответствуют аутентичному состоянию. Это - тщательно сохраняемые рвы в Шенонсо и перед восточным фасадом Лувра.

2. Хорошо сохранившиеся рвы: глубина рва и профиль отличаются от изначальных, отсутствует капитальная застройка в русле. Рвы крепости Динабург в Даугавпилсе, участок рва на месте пруда Шнели вблизи Таллинской крепости. Рвы Аннинских укреплений в Выборге кроме участков вблизи улиц Островная и Петровская и картодрома. Ров Новгородского детинца имеет очертания близкие к оригинальным (за исключением участков вблизи трёх пешеходных мостиков и спортивной площадки).

3. Частично сохранившиеся рвы: сохранилась территория, на которой располагался ров, его отдельные элементы, на склонах и в русле могут быть устроены тротуары, проложена дорога. Каналы при рavelинах в Петропавловской крепости засыпаны в 1891-1892 гг., при этом сохранились батарды, облицованные после осушения территории гранитом и плитняком. Территория между бастиянами и рavelинами в точности соответствует конфигурации рвов.

4. Не сохранившиеся рвы: русло засыпано, на его месте произведена капитальная застройка или размещаются более ценные памятники культуры. На месте засыпанного рва находится Некрополь у Кремлёвской стены в Москве.

III. Классификация рвов по типу связи с ближайшим водотоком или водоёмом.

1. Не изолированный: ров соединён с водотоком. Такой ров глубиной 4 м между реками Волхов и Ладожка превращал мыс со Староладожской крепостью в полностью отрезанный от берега остров. Такие рвы характерны для феодальных замков Франции.

2. Постоянно изолированный: ров отделён от водоёма или водотока дамбами, насыпями дорог или прочими сооружениями, препятствующими течению воды. При этом уровень воды в изолированном рву может быть выше уровня воды в реке. Перед Михайловским замком в 2003 г. был частично восстановлен засыпанный в XIX веке Воскресенский канал, при этом канал изолирован от реки Фонтанки, из которой он первоначально вытекал.

3. Временно изолируемый. Ров Несвижского замка может быть отделён от реки Уши двумя заслонками.

IV. Классификация рвов по способности к вододействию. Под термином «вододействие» понимаются различные приёмы по осушению и обводнению рва с целью препятствия пересечению рва осаждающим противником и для периодических работ по ремонту собственно рва и бастиона или крепостной стены.

1. Рвы, способные к вододействию. В Динабургской крепости для усиления обороноспособности все рвы крепости затоплялись водой, поступающей по обводному каналу из болот, окружающих крепость [7]. Несвижский замок возведён на правом берегу реки Уши (приток Немана), перегороженной плотинами, образующими каскад прудов. Благодаря перепаду уровня воды между прудами уровень воды и скорость течения в оборонительных рвах можно оперативно регулировать двумя заслонками. В Данциге в случае осады крепости можно было при помощи шлюзов спровоцировать потоп всей пригородной территории. Кроме того, с помощью изменения уровня воды в таких сооружениях можно препятствовать образованию ледового покрытия перед стенами.

2. Рвы, не предусматривающие вододействие. Большинство объектов на территории Восточно-Европейской равнины не предусматривали возможность изменять уровень воды. К таковым относятся рвы при крепостях Великого Новгорода, Выборга, Старой Ладogi.

Помимо предлагаемых авторами способов классификации важно упомянуть использовавшуюся строителями сооружений классификацию по наполненности рвов водой:

1) водяные рвы проектировались с учётом постоянного заполнения водой;

2) сухие рвы не предназначались для заполнения водой (служили, в основном, для увеличения высоты стены с эскарповой стороны; пример – сухой ров перед восточным фасадом Лувра).

В работе предложены различные способы классификации крепостных рвов по нескольким характерным признакам: соответствию состоянию крепости, степени сохранности, типу связи с ближайшим водотоком или водоёмом, по способности к вододействию и по наличию в них воды. Часть объектов отнесена в соответствующие классы.

Предложенные авторами способы классификации позволят более точно оценить и систематизировать данные по состоянию крепостных рвов и упростить процесс принятия решения о необходимости реконструкции сооружений. Предложенная классификация в будущем может быть положена в основу методических указаний и нормативных документов, определяющих назначение перечня работ по его реконструкции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мельник І. Братів Рогатинців вулиця // Енциклопедія Львова: в 2 т. / Під ред. А. Козицького та І. Підкови. Львів: «Літопис», 2007. 656 с. Т. 1. ISBN 966-7007-68-8.
2. Фехнер М.В. Вологда. М.: Госстройиздат, 1959. 215 с.
3. Окулич-Казарин Н.Ф. Спутник по древнему Пскову: (Любителям родной старины). Псков: Псков. археол. о-во, 1911. 328 с.
4. Ткачев М.А. Замки Беларуси. 2002. 200 с.
5. Шатрук А.Б. Крепостные рвы: общие проблемы восстановления аутентичного состояния // Инновационная наука. 2016. № 5 С. 183-184.
6. Павлов С.Я., Шатрук А.Б. Крепостной ров Новгородского детинца: восстановление исторического облика // Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. 2015. С. 151-154.
7. Казак В.В. Даугавпилсская крепость: история и легенды от средневековья до наших дней / В.В. Казак. Даугавпилс, 1987.

СНЕГОПЛАВИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Снег, который собирается с улиц, площадей и дорог, до последнего времени сбрасывался в ближайшие водоемы без очистки, поскольку его относили не к отходам населенного пункта, как это делают в большей части стран мира [1], а к условно чистым природным осадкам. В настоящее время, при постоянно увеличивающемся количестве автомобилей и выбросов промышленных предприятий, снег, по мере его выпадения и временного хранения на земле, адсорбирует из воздуха и аккумулирует с дорожных покрытий нефтепродукты, тяжелые металлы, бытовые отходы, противогололедные материалы и т.д. (до 60 загрязнителей). Сброс снежной массы без очистки и обеззараживания в отвал влечет за собой загрязнение почвы, поверхностных и подземных водных источников, а в конечном итоге, - и ухудшение здоровья людей, состояния флоры и фауны. Снег с дорожных покрытий города по составу загрязнений весьма специфичен. Показатели качества талого снега непостоянны и меняются в зависимости от места его сбора и декады зимнего периода. Со временем процент поступления талых вод на очистные сооружения города неизбежно будет возрастать, поскольку количество стационарных снегоплавильных пунктов (далее ССП) в России (в частности - в Санкт-Петербурге) увеличивается с каждым годом. Это будет усугублять и проблемы эффективности работы городских очистных сооружений, рассчитанных на удаление органических, а не химических соединений [2]. Снег относится к разряду отходов 4-го класса опасности [3], поэтому решение проблем, связанных с его утилизацией, является серьёзным звеном в цепочке мероприятий по очистке городских улиц. Вывозить снег за пределы городской черты и сваливать его в реку или ближайший овраг запрещено нормативными документами [4]. Поэтому его либо вывозят транспортом на специально оборудованные полигоны, либо утилизируют снежную массу при помощи снегоплавильных станций.

Целью данной работы является разработка предварительных рекомендаций по применению снегоплавильных установок на территории Санкт-Петербурга, основанная на сравнении качеств существующих в России и за рубежом объектов.

Санкт-Петербург является большим городом, следовательно, объёмы снега очень велики, поэтому вывоз и складирование снега на специально отведенных полигонах не рациональны. В крупных городах, с недавних пор, практикуется достаточно безвредная для окружающей среды переработка снега и не отягчающая работу очистных сооружений [5]. Суть этого процесса заключается в использовании специальных комплексов, которые предназначены для сбора, транспортировки, плавления снега, частичной очистки талой воды и удаления её через общесплавную канализацию на городские очистные сооружения.

Снегоплавильная машина (снеготаялка) – это специализированная установка, предназначенная для растопки снега, частичного удаления содержащихся в нём загрязнений. Иногда снегоплавильные машины выполняют и функцию снегоуборки. Анализ работы существующих установок показывает, что их использование даёт не только природоохранный, но и экономический эффект [6].

Снеготаялки классифицируются по следующим признакам.

1. Мобильность. Самоходные, установленные на автомобильное либо специальное шасси, передвижные (прицепные со снегоплавильной камерой или же с силовым агрегатом и

несколькими сменными снегоплавильными камерами) и стационарные, которые предназначены для постоянного обслуживания определенных территорий.

2. Способ загрузки. Снегоплавильные машины могут быть как с загрузкой со встроенным индивидуальным устройством или снегопогрузчиком (передвижные), так и с загрузкой непосредственно с бульдозера или самосвала (стационарные снеготаялки).

3. Тип теплоносителя. Может использоваться горячая вода (в том числе и сточная), воздух, газообразные продукты сгорания топлива.

4. Вид взаимодействия теплоносителя со снегом: либо контактирует со снегом, либо без непосредственного соприкосновения с ним.

5. Вид энергетического источника. С внешним источником тепла, к которому подключается стационарная снегоплавильная машина, и с индивидуальным источником для плавления утилизируемого снега. Это может быть погруженные горелки, контактные водоподогреватели, угольные, газовые или дровяные топки, смонтированные вместе с машиной.

6. Вид процесса плавления снега. Выделяют снеготаялки с пассивным плавлением снега в тепловой камере или с активным, когда применяются механическое перемешивание, барботаж и струйные системы.

7. Назначение. Магистральные, дворовые, аэропортовые и т.д. [7].

По мнению авторов, в условиях Санкт-Петербурга могут использоваться и стационарные, и мобильные снегоплавильные установки. Анализ опыта использования этих установок показывает, что снег из районов города с очень плотной застройкой предпочтительнее вывозить на стационарные снегоплавильные пункты. ССП имеют следующие преимущества перед мобильными снегоплавильными установками.

1. Качество очистки талой воды выше.

2. Отсутствует шумовое загрязнение и выброс большого количества выхлопных газов, что особенно важно в условиях чрезвычайно уплотнённой застройки в центре города.

3. Более надёжны, так как обслуживаются специально подготовленным персоналом.

Районы застройки 1960-80-х годов с низкой плотностью застройки могут быть обслуживаемыми мобильными снеготаялками, основным достоинством которых является перемещение снега на небольшие расстояния. В этих районах много открытых площадок и пустырей, где может происходить процесс обработки снега без причинения беспокойства жителям.

В настоящее время в Санкт-Петербурге эксплуатируются 10 снегоплавильных стационарных пунктов, но это количества недостаточно, следовательно, необходимо спроектировать и в дальнейшем построить дополнительные снегоплавильные камеры [8].

Стационарный снегоплавильный пункт, используемый в Санкт-Петербурге, включает: дробилки, подземную снегоплавильную камеру, устройства для сбора плавающего мусора, песколовки, пульт управления дробилками, автоматическую систему управления технологическим процессом.

Технологический процесс стационарного снегоплавильного пункта состоит из следующих стадий.

1. Грузовик со снегом заезжает на площадку ССП, высыпает снег на дробилки.

2. На дробилках измельчается снег и отсеивается крупный мусор.

3. Снег поступает собственно в снегоплавильную камеру, где тает под воздействием тепла сточных вод.

4. Образовавшаяся талая вода проходит через песколовки: в них песок выпадает на дно под действием силы тяжести (благодаря этому не происходит заиливание канализационных коллекторов, куда затем из снегоплавильной камеры поступают сточные воды).

5. Плавающий мусор собирается специальными устройствами, впоследствии этот мусор выгружается в контейнеры и утилизируется.

Наиболее известны снегоплавильные машины таких зарубежных производителей, как Тресан и SnowDragon. Существующая уже более 40 лет канадская Тресан выпускает модели снеготаялок производительностью от 20 до 500 т/ч. Технология плавления снега в снегоплавилках данной фирмы основана на использовании погруженных горелок, что позволяет достичь эффективного процесса таяния при сгорании топлива (КПД до 98%). Снегоплавильные машины SnowDragon (США) – полуприцепные, которые могут транспортироваться со скоростью до 140 км/ч. Компания использует запатентованную технологию огнетрубных тепловых котлов, при которой тепло от горелок, находящихся в тепловых трубах, поступает в теплообменник, погруженный в плавильный бак и нагревающий там воду. Даже при минусовых температурах температура воды в баке может достигать +38-49° за 15 мин. Температура выходящей воды, полученной из расплавленного снега, равна +16-21°, что исключает образование ледяного покрытия. Среди отечественных компаний можно отметить российское предприятие ОАО «ВНИИстройдормаш», выпускающее снегоплавилки на базе бункеровоза «Коммаш» КМ4300.

Выводы. Авторы считают, что работа по широкому внедрению в городское хозяйство Санкт-Петербурга снегоплавильных установок должна включать следующие этапы.

1. Город должен быть разбит на участки, где применялись бы мобильные снеготаялки и участки, откуда бы снег вывозился на ССП.
2. Необходимо провести экспертную оценку конструкций и эффективности работы существующих снегоплавильных стационарных камер; на основе этой оценки предложить конструкцию, оптимальную для Санкт-Петербурга. По мнению авторов, ССП могут быть дополнены маслоотделителями.
3. Провести независимое сравнение отечественных и зарубежных мобильных снеготаялок и выбрать такую установку, которая бы обеспечила наиболее эффективную работу для климатических условий Санкт-Петербурга и для имеющегося качества снега.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Яковлев С.В. Канализация. Учебник для вузов.
2. Воронов Ю.В., Дерюшев Л.Г., Дерюшева Н.Л. Вопросы проектирования стационарных снегоплавильных пунктов.
3. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
4. Федеральный закон от 10 января 2002 г. N7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
5. Интернет-ресурс «Снабжение дорожных предприятий от холдинга Дальснаб» <http://www.asphalt-zavod.ru/snegoplavilnaya-mashina-eto-luchshee-reshenie-dlya-pererabotki-snega.html>.
6. Воронов Ю.В., Алексеев Е.В., Саломеев В.П., Пугачев Е.А. Водоотведение.
7. Интернет-ресурс: <http://dorkomteh.ru/articles/komunal/~id=728>.
8. Интернет-ресурс «ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»»: http://www.vodokanal.spb.ru/kanalizovanie/utilisaziya_snega/ssp/.

УДК 631.531.027.3

С.Я. Павлов, А.В. Куликова, С.С. Гродник
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБВОДНЕНИЕ ПРУДОВ В ИСТОРИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТНЫХ ПАРКАХ: РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ГИДРОСИСТЕМЫ ОРАНИЕНБАУМСКИХ ПАРКОВ

Проблема водного питания прудов в исторических ландшафтных парках весьма актуальна, т.к. системы водообеспечения и водоотведения этих объектов нуждаются в реставрации и ремонте, а иногда и в новых источниках питания.

Цель работы – выбор варианта обводнения водных исторических ландшафтных парков, характерных для Европейской территории России на примере территории Дворцово-паркового ансамбля «Ораниенбаум» (далее ДПА «Ораниенбаум»).

Рассматриваемая территория находится в северо-западной части Ораниенбаумского парка. Основными водными объектами являются Фигурные Прудки, Сухой пруд, пруд у Кательной горки, пруды Подкова и Карпиный, а также мелиоративная сеть. В настоящее время общее техническое состояние гидросистемы в основном - неудовлетворительное. В связи с нарушением работы сети канав, обеспечивающих проточность водоёмов (канавы заросли травой и потеряли пропускную способность), происходит заиливание и зарастание водных объектов. Многие гидротехнические сооружения не выполняют своих первоначальных функций (трубопереезды заилены, сооружения, сопрягающие пруды, разрушаются). Уклоны канав потеряли направленность, обеспечивающую осушение территории, наблюдается заболачивание отдельных участков, имеются участки сильного переувлажнения. Нарушение процесса обводнения прудов связано также с тем, что исторически территория парка была больше и включала часть территории Кипенского лесничества, водосборы водных объектов и мелиоративной сети включали большие площади, что давало возможность обводнить водоемы парка. Сейчас водосборная площадь рассматриваемой гидросистемы ограничена территорией парка.

Сток, формирующийся в западной части парка, собирается в систему канав и отводится по Морскому каналу в Финский залив. Площадь водосбора в районе Краснофлотского шоссе составляет 1,3 км².

Предварительные гидрологические расчёты показывают, что обводнение водоёмов парка поверхностным стоком, образующимся только на территории ДПА «Ораниенбаум», не обеспечит достаточного водообмена и восстановления гидро-экологического равновесия гидросистемы.

Дополнительное обводнение водоёмов парка предлагается реализовать за счёт стока воды, формирующегося на территории Кипенского лесничества. Предположение целесообразно ещё и с точки зрения восстановления гидро-экологического равновесия территории лесничества, так как поверхностный сток, не имея возможности разгружаться в сторону парка, застаивается в мелиоративной сети лесничества, территория заболачивается, корневая система деревьев на границе с парком гниёт и образуется сухостой.

Задача о возможности переброски поверхностного стока Кипенского лесничества на территорию ДПА «Ораниенбаум» решалась на основе данных рекогносцировочного обследования территории лесничества, мелиоративной канавы на границе лесничества и парка, а также - гидрологических расчетов. Характеристики водотоков мелиоративной сети лесничества, на участке, примыкающем к парку, были приняты по результатам исследований, проведённых при участии одного из авторов. Сток рассчитывался с максимально возможных площадей водосбора.

В процессе рекогносцировки вдоль южной границы парка было выявлено пять точек сообщения дренажных систем лесничества и парка в виде водопропускных сооружений (действующих и разрушенных) (рис. 1).

Выполнены расчёты средних годовых и максимальных расходов воды с различной обеспеченностью. Результаты сведены в таблицы 1-5.

Согласно нормативам для обеспечения нормального экологического состояния водоёмов западной части ДПА «Ораниенбаум» необходим объём годового стока 92340 м³. Проведённые расчёты стока позволяют сделать вывод, что необходимое обводнение можно осуществить за счёт двух подходящих к южной границе парка канав, находящихся в створах №1 и №2.

Таблица 1

Расчет среднегодового стока

№ створа	$F_{\text{вдсб}}, \text{ км}^2$	Модуль среднегодовой	$Q_{\text{ср.г}}, \text{ л/с}$	$W, \text{ м}^3/\text{год}$
1	0,235	10	1,551	48919
2	0,224	10	1,478	46629
3	0,051	10	0,337	10616
4	0,209	10	1,379	43506
5	0,036	10	0,238	7494

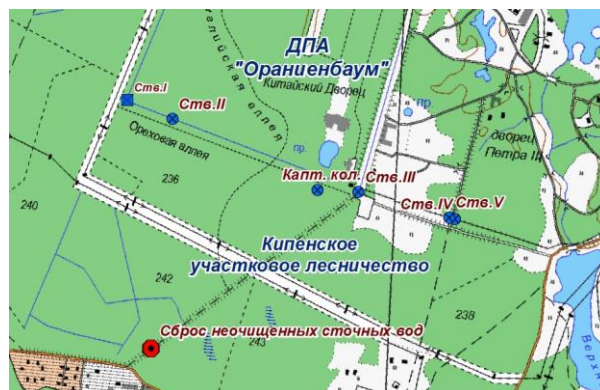


Рис. 1 Схема расположения гидротехнических сооружений (ств. I-V) на границе Кипенского участкового лесничества и ДПА «Ораниенбаум»

Таблица 2

Сводная таблица максимальных расходов воды весеннего половодья в заданных створах

№ створа	$F_{\text{вдсб}}, \text{ км}^2$	$Q_{\text{р\%}}, \text{ л/с}$			
		1%	2%	5%	10%
1	0,235	78,4	67,2	51,2	37,9
2	0,224	63,5	54,4	41,4	30,7
3	0,051	32,6	27,9	21,3	15,8
4	0,209	56,3	48,3	36,8	27,2
5	0,036	21,6	18,5	14,1	10,4

Таблица 3

Сводная таблица максимальных расходов воды дождевых паводков

№ створа	$F_{\text{вдсб}}, \text{ км}^2$	$Q_{\text{р\%}}, \text{ л/с}$			
		1%	2%	5%	10%
1	0,235	81,4	69,2	54,5	44,8
2	0,224	92,1	78,3	61,7	50,6
3	0,051	11,1	8,5	6,7	5,6
4	0,209	109,6	93,2	73,5	60,3
5	0,036	15,6	11,9	9,4	7,8

Таблица 4

Сводная таблица среднегодовых и за период весеннего половодья объемов воды 50 % обеспеченности

№ створа	$F_{\text{вдсб}}, \text{ км}^2$	$W_{\text{вп}}, \text{ м}^3$	$W_{\text{ср.год}}, \text{ м}^3$
1	0,235	30550	48919
2	0,224	29120	46629
3	0,051	6630	10616
4	0,209	27170	43506
5	0,036	4680	7494

Таблица 5

Фактическая пропускная способность водопропускных сооружений, граничащих с территорией Кипенского участкового лесничества

№ створа	Пропускная способность, л/с	Q_{max} в створе обеспеченностью 2%, л/с
1	Сооружение разрушено	69,2
2	Сооружение не функционирует	78,3
3	327	27,9
4	152	93,2
5	114 (функционирует частично)	18,5

Дополнительный объем воды, который можно использовать для обводнения мелиоративной системы западной части составляет в среднем в год 95548 м³.

Выводы:

1. Анализ результатов проведенных изысканий позволяет сделать вывод, что в настоящее время гидросистема западной части парка находится в неблагоприятном состоянии, которое обусловлено: неудовлетворительным состоянием мелиоративной сети парка, которая является подводящей сетью к водоемам, обеспечивает их проточность и водообмен; снижением пропускной способности гидротехнических сооружений, вследствие их заиливания и частичного разрушения; дефицитом водных ресурсов, питающих пруды ансамбля.

2. Обводнение прудов западной части парка поверхностным стоком, образующимся только на территории ДПА «Ораниенбаум», не обеспечивает достаточного водообмена и восстановления гидро-экологического равновесия ее водотоков и водоемов.

3. Предлагается дополнительное обводнение водоёмов западной части ДПА «Ораниенбаум» реализовать за счёт стока воды, формирующегося на территории Кипенского участкового лесничества, которое примыкает к южной границе парка.

4. Объём воды, формирующийся на территории лесничества, который можно использовать для обводнения гидросистемы всего парка, может составить в среднем за год 50% от объёма поверхностного стока, образующегося на всей территории ДПА «Ораниенбаум».

5. Для обеспечения четырехкратного объёма годового водообмена прудов западной части парка и восстановления первоначального положения поверхности воды необходимо: восстановление подводящей мелиоративной сети западной части парка (с реконструкцией существующих трубопереездов и гидротехнических сооружений); подключение к гидросистеме данной территории поверхностного стока Кипенского лесничества; строительство на подводящей мелиоративной сети необходимых регулирующих гидротехнических сооружений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Горбатенко С.Б. Петергофская Дорога. Ораниенбаумский историко-ландшафтный комплекс. 2001.
2. Город Ломоносов (Ораниенбаум). М.: Гос. Издательство Искусство, 1954.
3. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч.1 Реки и каналы. Т.1 Вып.5. Бассейны рек Балтийского моря, озер Ладожского и Онежского 1987-2013 гг.
4. Орлова В.В. Гидрометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1974.
5. Реконструкция мелиоративной системы, гидросооружений и систем водоотведения от зданий. Инженерно-геологические и гидрогеологические условия парковой территории, НИИ Спецпроектреставрация, СПб., 2008.
6. Технический отчет о дополнительных инженерно-гидрометеорологических и инженерно-гидрогеологических изысканиях на территории дворцово-паркового ансамбля «Ораниенбаум». ООО «НПК Проектводстрой», СПб, 2014-2016.
7. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 459 с.
8. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. М., 1984.
9. СТП ВНИИГ 210.01НТ*-2010. СПб: ОАО ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева: Методика расчета гидрологических характеристик техногенно нагруженных территорий / Под ред. Сольского С.В., 2010. 113 с.

УДК 631.674

О.В. Яблонская, К.В. Панко, Д.О. Смирнов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОРГАНИЗАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ЗДАНИИ ОРАНЖЕРЕИ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ЗАВОДА КРАСНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК

Ранее авторами был разработан проект оранжереи для тропических растений на территории полуразрушенного завода Красный Треугольник на Обводном канале. В работе были разработаны объемно-планировочные решения и частично рассмотрены вопросы освещения [1].

Растения, произрастающие в искусственной среде, по определению не устойчивы и могут нормально функционировать в диапазоне изменения увлажнения, составляющем не более 20-30 % от естественного. Это обуславливает необходимость организации

оптимальной системы полива растений в оранжерее. Под оптимальной оросительной системой следует понимать комплекс гидротехнических сооружений, предназначенный для забора воды из источника орошения, транспортирования ее до здания оранжереи, распределения по поливным участкам и полива почвы с целью создания оптимального водно-солевого режима [2]. Также представляется необходимым предусмотреть отвод дренажных вод из здания проектируемой оранжереи.

Цель работы – анализ методов организации полива в оранжерее и выбор оросительной системы для проектируемого объекта (оранжереи для тропических растений на территории завода Красный Треугольник). Подразумевается нахождение варианта, приемлемого как по экономическим и технологическим факторам, так и с точки зрения эстетики и удобства эксплуатации.

Под оранжереей в данной работе понимается сооружение, предназначенное для выращивания и содержания в основном декоративных растений, требующих набора экологических факторов, по своим параметрам существенно отличающихся от характерных для естественной окружающей среды (орхидные, пальмы, саговники, цитрусовые, азалии, бромелиевые, ароидные, папоротниковидные, кактусы, суккуленты и др.) [3].

В настоящее время выделяют четыре основных способа полива растений: капельный, внутрипочвенный, луночный и дождевание. В данной работе авторами было принято решение не рассматривать ручной метод (луночный), т.к. он является слишком трудоемким и приводит к большим перерасходам водных ресурсов и удобрений.

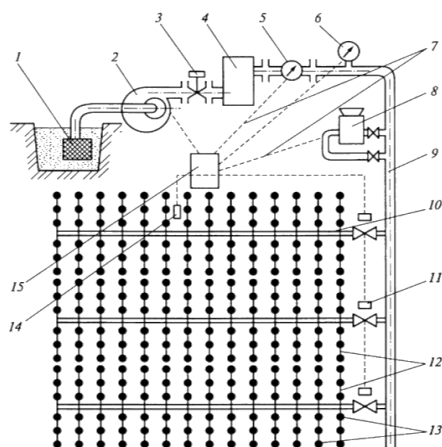


Рис. 1. Основная схема системы капельного орошения:

- 1 – водозаборный узел;
- 2 – напоробразующий узел;
- 3 – головная задвижка;
- 4 – фильтр;
- 5 – водомерное устройство;
- 6 – манометр;
- 7 – каналы связи;
- 8 – подкормщик;
- 9 – магистральный трубопровод;
- 10 – распределительный трубопровод;
- 11 – дистанционно управляемая задвижка;
- 12 – оросительные трубопроводы;
- 13 – микроводовыпуски (капельницы);
- 14 – датчик необходимости полива;
- 15 – пульт управления

Капельное орошение является одним из видов локального микроорошения, при котором вода через капельницы малыми дозами (каплями) подается непосредственно к прикорневой зоне растений (см. рис. 1). Метод подразумевает непрерывную и полностью систематизированную подачу воды, что позволяет экономить не только водные ресурсы (до 50%), но также - электричество и удобрения. Капельное орошение имеет и ряд недостатков, к которым можно отнести засорение и зарастание отверстий капельниц, неравномерное распределение воды, а также - высокие затраты на содержание элементов конструкции в работоспособном состоянии.

Внутрипочвенное орошение представляет собой метод подачи воды в прикорневой слой почвы с помощью увлажнителей, прокладываемых в почве на глубине 40...60 см от поверхности земли (рис. 2). В увлажнители вода подается из трубопровода, а затем в результате капиллярного поднятия воды вверх увлажняется активный (прикорневой) слой почвы.

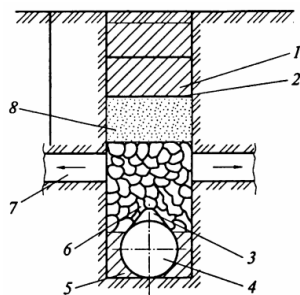


Рис. 2. Поперечный разрез траншеи с оросительным трубопроводом:

- 1 – почвенная засыпка;
- 2 – полиэтиленовая пленка;
- 3 – колпачок водовыпуска;
- 4 – оросительный трубопровод;
- 5 – забивка пазух глиной;
- 6 – щебеночная засыпка;
- 7 – кротовина;
- 8 – дресва

Основными достоинствами метода можно считать сохранение структуры почвы, снижение суммарного водопотребления на 15...40 % благодаря снижению испарения с поверхности почвы и более экономичному расходованию оросительной воды, а также - высокое значение коэффициента земельного использования (0,98...0,99) благодаря подземным коммуникациям. Из недостатков внутрипочвенного увлажнения можно выделить недостаточное орошение верхнего 10-ти сантиметрового слоя почвы и высокие затраты на строительство системы [4].

Метод дождевания представляет собой систему подачи воды из специальных дождевальных устройств через форсунки путем разбрызгивания. Вода диспергируется на капли размером 400-600 мкм, которые хорошо удерживаются на листовой поверхности растений. Разовая норма увлажнения обычно находится в пределах 0,08-0,10 л/м². Данный метод предназначен для увлажнения приземного слоя воздуха и уменьшения температуры листьев растений, произрастающий в неблагоприятных условиях внешней среды. Основным преимуществом метода дождевания перед вышеизложенными методами является увлажнение не только почвы, но и растений и приземного слоя воздуха, что благоприятно сказывается на физиологических процессах в растениях. К недостаткам следует отнести большие затраты механической энергии для создания требуемого напора и большую металлоемкость дождевальной техники.

Прежде чем останавливаться на одном из вышеперечисленных методов, необходимо определиться с выбором источника орошения. Так как объект проектирования находится непосредственно в городской застройке, водозабор целесообразно производить из магистрального трубопровода. Из-за наличия хлорки, которую добавляют в водопроводную воду для дезинфекции, появляется необходимость в использовании для системы орошения сменных фильтров. При длительной эксплуатации абсорбенты быстро выходят из строя, что приводит к большим расходам на их содержание и замену.

В связи с вышесказанным представляется необходимым создавать закрытые резервуары для отстаивания воды и проводить забор воды непосредственно из них. При этом хлорный осадок оседает на дно резервуара и не попадает на растения и в почву. Необходимо учитывать, что использование резервуара не отменяет применения фильтров, а лишь служит дополнительным этапом очистки и увеличивает продолжительность работы фильтрационных устройств. Система с резервуаром должна быть оснащена насосом или располагаться на достаточной высоте, чтобы вода могла попадать в устройства полива под действием гравитации [5]. Помимо этого, в здании оранжереи необходимо предусмотреть дренаж в виде подземной системы из труб и дренажных колодцев. Собранная дренажными трубами вода будет поступать в коллекторный колодец, снабженный обратным клапаном для предотвращения попадания воды обратно в дренажную систему, а из колодца вода будет выводиться в коммунальную ливневую канализацию.

Сопоставив все вышеизложенное, авторы пришли к заключению, что для проектируемой оранжереи на территории завода Красный треугольник наиболее рациональным будет организация системы полива, представляющей собой совокупность двух оросительных систем: системы внутрпочвенного полива и дождевальной. Внутрпочвенный полив позволит снизить количество водопотребления и не повлияет на эстетический облик оранжереи, а дождевание обеспечит достаточное увлажнение почвы, а также растений и приземного слоя воздуха. При этом дождевание будет производиться только в часы с минимальным потоком посетителей. Забор воды для полива будет осуществлен из подземного резервуара с применением насоса для обеспечения необходимого напора. В перспективе для прецизионного расчета норм полива предполагается использовать метод математического моделирования водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса [6-8].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Яблонская О.В., Павлов С.Я. Оранжерея для тропических растений на территории завода Красный Треугольник / Материалы научного форума с международным участием. СПб.: СПбГПУ, 2015. С. 166.
2. Щедрин В.Н., Колганов А.В., Васильев С.М., Чураев А.А. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 2. Новочеркасск: Геликон, 2013. 307 с.
3. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона / СПб., 1890-1907 гг.
4. Сабо Е.Д., Теодоронский В.С., Золотаревский А.А. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства / М.: Академия, 2008. 336 с.
5. Волкова Ю.В., Кriuлин К.Н., Полетаев Ю.Б. Мелиорация земель. Орошение земель. Внутрихозяйственная оросительная сеть (при наземных поверхностных способах полива) / Учебное пособие. СПб.: СПбГПУ, 2009.
6. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
7. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «HYSTERESIS» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб. «Материалы научной сессии по итогам 2012 года». СПб.: АФИ, 2013. С. 161-166.
8. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В. Уточненная оценка эффективных запасов продуктивной влаги с учетом гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Метеорология и гидрология. 2015. № 4. С. 79-89.

УДК 69.001.5

Н.В. Соколова, А.А. Авдеева, И.Д. Шлыкова, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СИСТЕМА ОБОГРЕВА СПОРТИВНОГО ГАЗОНА В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ

Существенное значение в северных городах придается озеленению и благоустройству территорий. Люди, месяцами лишенные солнечного света, обостренно воспринимают природу, испытывают особую потребность в общении с ней. Именно природа в суровых условиях помогает создать человеку необходимый психофизиологический комфорт [1]. В озеленении населенных районов Крайнего Севера важное место отводится спортивным газонам, так как применение древесно-кустарниковой растительности сопряжено с большими трудностями. Если структуру почвы, ее плодородие на спортивных полях и площадках можно улучшить относительно легко, то предохранить травяной покров от замерзания, особенно во время весенних заморозков, продлить время роста травы и эксплуатации плоскостных спортивных сооружений можно только после проведения

трудоемких и дорогостоящих работ. Почва оттаивает медленно, и нижние горизонты прогреваются до активных положительных температур, при которых начинает развиваться корневая система растений, только к концу лета. Чтобы ускорить рост трав ранней весной, продлить игровой сезон, почву спортивных газонов необходимо обогревать [2].

Цель данной работы заключается в том, чтобы предложить систему обогрева спортивного газона с натуральным травяным покрытием с повышенной эффективностью и качеством обслуживания при интенсивной эксплуатации в условиях многолетней мерзлоты.

В настоящее время применяются две основные системы подогрева спортивных площадок.

1. Жидкостная система, состоящая из теплового пункта и трубопроводов подогрева, закладываемых под газон футбольного поля. По трубам циркулирует рабочий теплоноситель (например, водный раствор этиленгликоля), концентрация которого задается в зависимости от месторасположения стадиона. Недостатки: система требует надежного источника тепловой энергии (котельной, насосной станции, водосмесительного узла, емкостей для аварийного слива ядовитой жидкости); при укладке труб отопления на большой площади возможно повреждение покрытия газона, возможны утечки и подтеки ядовитой жидкости. Кроме того, система очень инертна (большие сложности в поддержании заданной температуры, как корневой системы, так и травы). В условиях многолетней мерзлоты эта система весьма неэффективна, так как высок риск опасности замерзания системы в почве.

2. Кабельная система, при которой подогрев осуществляется нагревательными электрическими кабелями специальной конструкции, прокладываемыми под травяным покровом футбольного поля. Недостатки данной системы является большая установленная мощность и большой расход электроэнергии. Примером может служить конструкция футбольного поля стадиона «Юбилейный» в Воркуте с системой обогрева. На поле через каждые 8 м проложены поперечные дрены глубиной 30 см, заполненные щебнем фракции 15-20 мм. На основании из тяжелой глины уложен дренирующий слой (40 % песка и 60 % просеянной горелой породы фракции 8-10 мм), на котором смонтирована система электрообогрева, позволяющая достичь излучения теплоты по всей длине уложенного кабеля. Система представляет собой нити стального провода диаметром 8 мм, уложенные с интервалом 0,5 м по всему полю и параллельно подключенные к электротрансформатору, который находится на глубине 25-30 см. Система засыпана 10-см слоем смеси (60 % песка, 20 % перегноя, 20 % торфа) и сверху прикрыта дерном. Размер пластов дернины - 20х30 см, толщина - 10 см. Швы засыпаны смесью песка и торфа [2]. Недостатки: неравномерный прогрев газонного дерна, а также - отсутствие дополнительной аэрации, т.е. снабжения почвы кислородом, который улучшает корнеобразование травяного покрова.

Известны различные способы создания и обслуживания культурных и спортивных газонов, но после анализа существующих способов и патентов авторы пришли к заключению, что наилучшим решением, в условиях многолетней мерзлоты, будет установить спортивный газон по патенту РФ 2475584 [3]. Предлагаемый способ создания и обслуживания спортивного газона позволяет решить задачу продления спортивного сезона за счет постоянного равномерного подогрева, эффективного дренирования и интенсивного агротехнического обслуживания почвенно-растительного слоя газона.

Поставленная задача решена за счет того, что в способ создания и обслуживания спортивного газона, включающий укладку на основание дренирующего слоя (с дренажной системой) и почвенно-растительного слоя, а также проведение агротехнического обслуживания газона в процессе эксплуатации (включающее операции аэрации и подкормки почвенного слоя) внесены изменения. Агротехническое обслуживание осуществляют со стороны основания; в качестве основания используют перекрытие отапливаемого технического сооружения с технологическими отверстиями, в которых установлены трубные кондукторы, а дренажная система выполнена с возможностью создания в ней разрежения. Также внесены изменения в

конструкцию спортивного газона. Газон размещен на перекрытии отапливаемого технического сооружения, возведенного под спортивной площадкой и служащего аккумулятором теплового обеспечения газона и для агротехнического обслуживания его корневой системы. Перекрытие изготовлено из монолитных железобетонных плит, в которых выполнены технологические отверстия с возможностью крепления в них трубных кондукторов для проведения агротехнических мероприятий по обслуживанию почвенно-растительного слоя. Дренажная система выполнена с возможностью подключения дренажных труб к системе разрежения воздуха для реализации активного дренажно-вакуумного осушения почвенно-растительного слоя газона и к системе подачи теплого воздуха для слабонапорного воздушного обогрева почвенно-растительного слоя газона.

Использование в качестве основания газона перекрытия отапливаемого помещения обеспечивает постоянный обогрев газона, подключение дренажных труб к системе разряжения воздуха, повышает эффективность дренажа, а осуществление агротехнического обслуживания снизу (путем инъектирования газовых смесей и питательных растворов непосредственно в корневую систему) улучшает качество газона и создает оптимальные условия его роста. Наиболее поврежденные участки можно подвергать обработке индивидуально приготовленным питательным раствором, аэрированным заданной газовой смесью [4].

Выводы. Предложенная конструкция спортивного газона существенно эффективнее технологий, применяемых при создании известных спортивных газонов. Она обеспечивает активный высокoeffективный дренаж, равномерный подогрев культурного слоя почвы для круглогодичного использования газона. Обслуживание газона снизу путем инъектирования газовых смесей и питательных растворов непосредственно в корневую систему травостоя значительно улучшает его качество и создает оптимальные условия роста и развития растений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://landscape.totalarch.com/node/19>.
2. <http://phasad.ru/z19.php>.
3. Патент РФ 2475584 публикация от 20.02.2013.
4. <http://www.freepatent.ru/patents/2475584>.

УДК 69.051

Н.В. Соколова, А.А. Авдеева, Е.Н. Дудырина, И.Д. Шлыкова, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ: ЖИЛОЙ ДОМ В ПОСЕЛКЕ ВОДНЫЙ

Инженерно-геологические изыскания решают множество задач. В частности, по их результатам принимается конечное техническое решение о целесообразности строительного освоения объекта земли. Если земельный объект достаточно большой, то инженерная геология способна выявить оптимальное размещение объекта недвижимости с точки зрения устойчивости грунта. И, естественно, все расчетные схемы по возведению строительных объектов должны проводиться исключительно по результатам геологического обследования грунтов, изучения гидрогеологических условий и других составляющих инженерной геологии.

Инженерная геология входит в состав инженерных изысканий наряду с проведением геодезических работ, а при необходимости - и экологического мониторинга. Процесс сбора информации начинается с полевых исследований грунтов, а также - геофизических, сейсмических и гидрогеологических работ на земельном объекте. Завершаются заказанные работы окончательной оценкой и утверждением состояния и геологии грунтов, а также - техническим отчетом для заказчика по собранным и обработанным материалам. При

этом инженерно геологические изыскания проводятся как при проектировании возведения новых объектов, так и при обычном обследовании зданий.

Целесообразно также совместно с инженерными изысканиями проводить инженерно-экологические изыскания, так как это не только удешевляет стоимость работ, но и ускоряет их проведение. При проведении инженерно-экологических изысканий осуществляется комплекс мер по экологической оценке объекта, включая как грунтовой массив, так и подземные воды. По результатам работ специалистами компании выдается полная характеристика природной среды объекта, включая наземную и подземную составляющую, также предоставляется рекомендуемый комплекс мероприятий по улучшению экологического состояния объекта [1].

Цель работы – на основании технического задания и действующих нормативных документов на исследуемой площадке выполнить полевые инженерно-геологические работы с отбором образцов для лабораторных исследований с последующей камеральной обработкой полученных результатов.

В ходе выполнения работы авторы обратились в ОАО «Ухтагорпроект»: главный геолог Монаков Ю.К. и бурильщики Шарин Н.Е. и Рубчаков Ю.К. дали пояснения относительно специфики инженерно-геологических изысканий.

Инженерно-геологические работы в районе изысканий выполнены в соответствии с нижеприведенными нормами и правилами.

- СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства.
- СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ.
- СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов.
- ГЭСН-2001-01. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы.Сб.1.Земляные работы.
- СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений.

Бурение проводилось методом механического вращательного бурения станком УГБ-1ВС, колонковым способом, диаметр бурения - 127 мм.

Бурение скважины осуществлено с целью:

- установления геологического разреза, условий залегания, литологического состава и состояния грунтов;
- определения глубины залегания и уровней подземных вод;
- отбора образцов грунтов для определения их состава и свойств;
- отбора проб грунтовых вод для определения их химического состава.

По полученному в процессе бурения керну проведено порейсовое описание литологического состава и естественного состояния грунтов. При изучении состава и свойств грунтов основания отобраны образцы из всех разновидностей грунтов для определения их физико-механических характеристик. Появление воды фиксировалось в процессе бурения, ее уровень измерялся «хлопушкой» на мерном шнуре. Из водоносного горизонта для изучения активности подземных вод к бетону отобрана проба воды на определение содержания агрессивной углекислоты. В геологическом строении территории изысканий принимают участие верхнечетвертичные, флювиогляциальные и ледниковые отложения.

Грунтовой разрез площадки (на глубину исследования – 6 м) представлен сверху вниз песком мелким до глубины 1,3 м, который подстилается суглинком мягкопластичной, тугопластичной и полутвердой консистенции. Выделение инженерно-геологических элементов (ИГЭ) [2] проведено по литологическим и прочностным критериям. В результате анализа классификационных признаков выделены следующие инженерно-геологические

элементы: 1) песок мелкий, 2) суглинок мягкопластичный, 3) суглинок тугопластичный, 4) суглинок полутвердый (рис. 1).



Рис. 1

Гидрогеологические условия участка простые. Пробуренными скважинами вскрыт один водоносный горизонт (во флювиогляциальных отложениях). Воды - безнапорные. Питание грунтовых вод – атмосферное; максимальное положение уровня приходится на период весеннего снеготаяния и периоды обильного выпадения дождей. Разгрузка грунтовых вод происходит в реке Ухта.

За нормативные значения показателей свойств грунтов приняты средние значения частных лабораторных определений для следующих физических показателей: природная влажность, плотность частиц грунта, плотность грунта, плотность сухого грунта [3].

К специфическим грунтам, характерным для данной территории, относятся грунты техногенного образования и органо-минеральные. На исследуемой площадке данные грунты отсутствуют. Природный естественный ландшафт на территории изысканий сохранился. Повсеместно присутствует мохо-растительный слой. Физико-геологические процессы, которые могли бы осложнить процесс строительства и дальнейшую эксплуатацию здания, отсутствуют.

По полученным лабораторным данным разработаны следующие рекомендации:

1) инженерно-геологические условия территории относятся к I-й категории сложности [4];
2) перед началом строительства необходимо изучить гидрологические характеристики территории [5] и произвести ее инженерную подготовку;

3) близкое залегание грунтовых вод может осложнить строительство котлована под ленточный фундамент и не исключает подтопление подвала в дальнейшем (поэтому необходимы осушение участка с помощью дренажных канав и гидроизоляция стенок подвала);

4) для исключения возможной деформации здания от морозного пучения грунтов, необходимо учесть следующие условия: а) глубина заложения подошвы фундамента должна быть не менее нормативной глубины сезонного промерзания грунтов, б) требуется устройство подушки из песчано-гравийной смеси под подошвой фундамента.

Вывод. Разработанные рекомендации учтены при строительстве индивидуального жилого дома в поселке Водный.

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://www.geodrom.ru/>.
2. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
3. СНиП 2.02.01-83*. Основание зданий и сооружений.
4. СП-105-94 (часть 1).
5. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПОМЕЩИЧЬИХ УСАДЕБ

Одним из ярких представлений русской культуры на протяжении XVIII-XIX вв. является помещичьи усадьбы. Владельцы усадеб пытались создать идеальный мир, универсальное пространство, включающее в себя экономические, социальные и духовные компоненты. Бурное усадебное строительство способствовало преобразованию природного ландшафта, а вместе с ним и культурного пространства региона [1].

В связи с изменением социальных условий и утратой своего первоначального назначения, на сегодня сохранилась лишь малая доля усадеб, и мы стоим на грани потери этого неоценимого пласта нашего наследия, потери элементов культурной идентичности страны. Из числа дворянских усадеб, существовавших в России в 1917 г., к 2000 г. сохранилось не более 5%, т.е. примерно 2-2,5 тысячи [2].

Усадебная тема – одна из самых многосложных. Она связана с историей, религией, эстетикой, философией, географией, топографией, ботаникой, дендрологией, гидротехникой, литературой, паркостроением, садоводством, генеалогией. Их неразрывность обусловливается многофункциональным назначением усадеб, укладом жизни владельцев, стилевыми особенностями эпох, природными условиями [3].

Во многих помещичьих усадьбах имеются водные объекты. Они играют значительную роль в формировании садово-паркового ландшафта, что отражено во многих статьях и книгах. Существуют также пособия, посвященные созданию водоемов и других водных устройств. Но их сохранению и реставрации как объектов культурного наследия уделяется значительно меньше внимания [4].

Как известно, восстановительные и реконструкционные работы представляют собой приспособление объекта для современного использования, что чаще всего вступает в противоречие с историческим его назначением, параметрами, внешним видом и др. В связи с этим возникает необходимость в архитектурных и инженерно-технических решениях, которые принимаются на основании изученных архивных материалов и данных, полученных при натурных обследованиях.

Целью работы является определение основных восстановительных или реставрационных работ, связанных с водными объектами на территории помещичьих усадеб.

Основное внимание в данной работе уделено таким водным объектам помещичьих усадеб, как пруды копани с преобладающим грунтовым типом питания. Данный тип прудов можно отнести по своим параметрам к бессточным прудам. Основное отличие данного типа прудов – это значительное количество времени, требуемое для полного водообмена по сравнению с проточными и сточными прудами. Задача реконструкции бессточных прудов заключается в воссоздании береговой линии и уклонов берегов, очистке дна от донных отложений и дноуглублении для обеспечения водоочищающей способности пруда.

В связи с выше перечисленным можно выделить следующие основные предметы, которые необходимо рассматривать при восстановлению или реконструкции прудов копани при помещичьих усадьбах: 1) плотины, дамбы; 2) контур пруда; 3) средний уровень воды в пруду; 4) источник водного питания; 5) острова и форма берегов и т.д.

Реконструкция гидротехнических сооружений и ложа прудов должна проводиться по индивидуальным проектам, составленным с учетом типизированных технических решений. Одновременно должна учитываться степень разрушения существующих сооружений и соответствие эксплуатационных качеств этих сооружений необходимым требованиям [5].

Сооружения после реконструкции должны удовлетворять следующим требованиям: 1) надежность; 2) удобство при эксплуатации; 3) автоматизация сооружений; 4) доступность сооружений для осмотра и ремонта; 5) архитектурное оформление должно соответствовать ландшафтно-архитектурным решениям, принятым на основе историко-культурного исследования.

Основная особенность бессточных водоемов заключается в минимальном водообмене, обусловленном атмосферным и грунтовым стоком; при этом качество воды в них обусловлено внутри водоемными процессами. В связи с отсутствием течения воды возникают следующие нежелательные явления: заиление, обеднение воды кислородом, развитие на мелководьях биоты, вызывающей недостаток кислорода. Во избежание заиления пруды необходимо периодически очищать от донных отложений [5-7].

Для сокращения развития биоты, развивающейся на прогреваемых участка пруда, следует углублять пруды до глубины двух метров, а для недопущения развития водной растительности, угнетающей пруд, необходимо устройство затенения прибрежной полосы за счет высадки древесно-кустарниковой растительности.

Выводы. В настоящее время имеется множество информации по устройству водных объектов. Но мало изучен вопрос восстановления и реконструкции водных объектов, в частности - на территории помещичьих усадеб, которые представляют собой историко-культурную ценность. Целью дальнейших разработок является формирование типизированных и универсальных способов восстановления и реконструкции водных объектов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ковалева Т.В. Усадьба в культурно-историческом пространстве России (на материалах Черноземного региона) // Известия Юго-Западного Государственного Университета. Серия: История и Право, Курск, 2014. 142 с.
2. Аксенова И.В., Клавир Е.В. Проблемы охраны и современного использования загородных дворянских усадеб. М.: Вестник МГСУ, 2014. С. 14-25.
3. Мурашова Н.В., Мыслина Л.П. Дворянские усадьбы Санкт-Петербургской губернии Ломоносовский район. Русско-Балтийский информационный центр БЛИЦ, СПб, 1999. С. 5-6.
4. Дробнич О.А. Особенности сохранения и реставрации водных элементов в произведениях садово-паркового и ландшафтного искусства // Вестник московского государственного университета леса лесной вестник. Московский государственный университет леса, Мытищи, 2016. С. 24-33.
5. Бойкова И.Г., Волшаник В.В., Капова Н.Б. и др. Эксплуатация, реконструкция и охрана водных объектов в городе. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. 111 с.
6. Арэфьев Н.В., Волкова Ю.В. Комплексный подход к планированию рекультивации земель при хозяйственном освоении территории // Научно-технические ведомости СПбПУ. 2007. № 49. С. 138-141.
7. Волкова Ю.В. Основы композиции. Текст лекций / Санкт-Петербург, 2014.

УДК 626.80

Е.П. Семанина, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИЙ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

В течение своей жизни человек стремиться создать вокруг обстановку, комфортную для жизни и пребывания. Огромную роль играет духовная составляющая. В процессе приспособления окружающей среды к потребностям человека и человеческих сообществ в комфортном проживании, трудовой деятельности и отдыхе с учетом эстетического фактора создавались различные объекты культурного наследия, выдержавшие испытание временем и передающиеся поколениям как ценности, отражающие связь с историей.

Культурное наследие – духовное, культурное, социальное, ценное и невозместимое богатство, которое питает современную науку, образование, культуру. Согласно [1], по типам объекты культурного материального недвижимого наследия делятся на: памятники (отдельные постройки, здания и сооружения с исторически сложившимися территориями); ансамбли (группы изолированных или объединенных памятников); достопримечательные места (творения, созданные человеком, или совместные творения человека и природы).

Понятие культурного наследия неразрывно связано с понятием природного наследия. Невозможно рассмотреть одно и не затронуть другое. Природное наследие – осмысленный и присвоенный человеком природный капитал, включая генофонд, ценофонд и геофонд, т.е. биологическое и ландшафтное разнообразие планеты и имеющее классификацию, отраженную в Конвенции ЮНЕСКО «Об охране всемирного культурного и природного наследия» [2, 3]. Согласно [4], существуют также объекты смешанного культурно-природного наследия, представляющие собой культурные ландшафты как совместные произведения человека и природы.

Культурное наследие (памятники, дома, дворцы, парки и т.д.), вносит огромный вклад в развитие человеческой культуры, что подразумевает необходимость для человечества в сохранение своего наследия и передачу его последующим поколениям. Актуальность данной работы состоит в том, что: физическое состояние большинства памятников в наше время находится в неудовлетворительном состоянии; объекты культурного наследия постепенно разрушаются, и со временем их состояние ухудшается и становится неудовлетворительным.

Одной из причин ухудшения состояния памятников истории и объектов природного наследия является изменение водного режима территории. Изменение данного режима влечет за собой поднятие уровня грунтовых вод и подтопление фундаментов и подвалов зданий и сооружений, а также подтопление природных объектов, что негативно сказывается на растениях, почве, в которой они произрастают, микроорганизмах, обитающих в почве и т.д.

Цель данной работы - изучить причины изменения водного режима территорий (повышение уровня грунтовых вод) и разработать комплекс мер по его стабилизации и восстановлению для предотвращения дальнейшего разрушения объектов культурного и природного наследия и их сохранения.

Причины изменения водного режима грунта могут быть естественными и искусственными (антропогенные - связанные с хозяйственной деятельностью человека). Примерами естественных причин служат: особенности литологического строения, рельефа, состояния поверхности, гидрологические и гидрогеологические условия территорий, характер подстилающих слоев грунта, грунтово-напорные артезианские воды, периодическое затопление паводковыми или приливными водами. Примерами антропогенных причин служат: затопление и подтопление со стороны водохранилищ; подпор грунтового потока фундаментами глубокого заложения; утечка воды из водопровода, канализации и фильтрация из каналов; замедление поверхностного стока и перевод его в грунтовой дорожными насыпями; подъем грунтовых вод вследствие снижения дренирующей способности рек (например, из-за их заиления при распашке берегов, вследствие неправильного расположения золоотвалов металлургических предприятий); уплотнение и снижение проницаемости почв на интенсивно используемых пастбищах (как результат применения тяжелой техники) [5-7].

Памятники истории проектировались и возводились много лет назад, когда климатические условия были другие. Но с течением времени климат меняется, и это оказывает влияние на водный режим грунта. Рассмотрим, например, изменение климата в России за XX век. Изначально происходило постепенное потепление до 1920-х годов, и температура воздуха плавно росла примерно на 0,5°C. Затем в 1930-1940-е гг. (эпоха арктического потепления) в полярных широтах повышение было заметно на несколько десятых градусов, хотя в среднем температурный фон по стране менялся незаметно. Затем в

период 1950-1960 г. произошло снижение температуры на $0,3^{\circ}\text{C}$. С начала 1980-х г. среднегодовая температура воздуха заметно повышалась. Тренд годовых сумм осадков за период 1976-2012 гг. положительный. Уменьшение осадков заметно в восточных районах России зимой и летом, на европейской части России – летом. Весенние осадки растут почти на всей территории страны, в некоторых районах со скоростью, превышающей 5% за 10 лет. Также можно проследить тенденцию уменьшения продолжительности залегания снежного покрова за XX век. В настоящее время ряд ученых (Кононова Н.К., Аксимов Л.М., Задорожная Т.Н.) считает, что в мире идет и продолжится в обозримой перспективе глобальное потепление, связанное, прежде всего, с антропогенным фактором [8, 9].

Также на изменение водного режима грунта влияет антропогенная деятельность. Воздействие на грунт путем его осушения и ирригации, агротехника, дорожное строительство, нерегулируемое индустриальное и лесохозяйственное воздействие на природную среду, освоение территории человеком, неконтролируемый рост городов, вырубка зеленых насаждений - все это не может не повлиять на водный режим.

В связи с перечисленными выше причинами изменения климата возникает проблема необходимости восстановления требуемого водного режима территории. Применяют следующие методы: ускорение поверхностного стока (открытые каналы и закрытые собиратели, ложбины); повышение проницаемости и аккумулирующей способности почвогрунтов (котовый и щелевой дренажи, агромелиоративные мероприятия); понижение уровней грунтовых вод - регулирование грунтового стока (открытые каналы, различные виды дренажа); перехват грунтового притока (различные виды дренажей); уменьшение грунтового притока (противофильтрационные завесы, мероприятия по ограничению питания грунтовых вод на прилегающих землях); снижение пьезометрических напоров на осушаемых землях, в зоне питания напорного пласта (глубокие дренажи, разгрузочные колодцы и скважины-усилители горизонтального дренажа; мероприятия по уменьшению питания напорного пласта); перехват поверхностного притока (нагорные каналы, водоотводящие валы); уменьшение притока поверхностных вод с прилегающего водосбора (создание прудов, лесонасаждения); защита земель от затопления (строительство дамб обвалования, повышение территорий); ускорение руслового стока (регулирование русел рек-водоприемников); регулирование речного стока (строительство водохранилищ, задержка поверхностного стока на водосборе) [7].

Далее предлагаются пути решения проблемы регулирования водного режима. Для рекомендуются следующие мероприятия: 1) создавать новые мелиоративные системы при расчете которых использовать новые зависимости; 2) применять новые материалы в конструкции дренажа.

Необходимость изменения метода расчета дренажей возникает из-за зависимости расчета дренажа от водного режима, а, следовательно, и от климата. Так как климат меняется, как было указано выше, а нормативные документы разработаны на определенные коэффициенты и вероятности [10], то применение их со временем становится нецелесообразным. При расчете дренажей необходимо: подбирать новые коэффициенты (с учетом изменения условий окружающей среды) и зависимости, применяемые в расчетах и включающие в себя параметры (пример - превышение осадков над суммарным испарением, изменение запасов влаги на территории, приток поверхностных, грунтовых и грунтово-напорных вод, испарение с поверхности почвы и т.д.), зависящие от климата; пересчитывать вероятности, продолжительности (пример - расчетного дождя), данные для таблиц, по которым подбираются параметры, применяемые в зависимостях.

Существует множество типов дренажных систем. При корректировке расчета притока к дренажу (с учетом климатических изменений) можно подобрать оптимальный тип дренажной системы из уже разработанных (головной дренаж, кольцевой дренаж, береговой дренаж, сопутствующий дренаж, систематический дренаж, лучевой дренаж, пристенный

дренаж, пластовый дренаж, бесполостной дренаж) [11] применительно к данным условиям (заглубить дренаж, взять трубу большего диаметра или сделать несколько ярусов). Или, исходя из расчетов, представить новую схему дренажной системы – скомбинировать несколько типов дренажа и создать единую схему по отводу воды, например - конструкцию комбинированного дренажа, включающего кольцевой горизонтальный дренаж и вертикальные собиратели грунтовых вод, совмещенного с пластовым дренажем [12].

Возможно применение новых материалов, таких как волокнистые полимерные материалы [13], а также – новых подходов к исследованию гидрологических условий с использованием математического моделирования [14, 15]. Применяя предложенные методы, следует учитывать и экономическую целесообразность проекта [16].

Выводы. В работе представлена классификация объектов культурного наследия; выявлены причины разрушения исторических памятников и объектов природного наследия; выявлена неактуальность в наше время дренажных мероприятий, использованных во время постройки исторических памятников. На основании этого были предложены мероприятия по возможному регулированию водного режима.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Общество с ограниченной ответственностью «Компания МИС-информ» Отчет по научно-исследовательской работе «Анализ существующего уровня доступности культурного наследия, в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий, основные направления повышения информационной безопасности». Книга 1. Москва, 2012. 332 с.
2. Кулешова М.Е. Наследие и природно-культурный каркас территорий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2007. Т. 9. № 1.
3. Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия (16 ноября 1972 г.) // Свод нормативных актов ЮНЕСКО: Конвенции и соглашения, рекомендации, декларации. М., 1991. С. 290-302.
4. Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention. UNESCO. WHC-99/2. 1999 (February).
5. Зайдельман Ф.Р. Деградация почв как результат антропогенной трансформации их водного режима и защитные мероприятия // Почвоведение. 2009. № 1. С. 93-105.
6. Канев В.В. Изменчивость гидрологического режима дерново-подзолистых почв при освоении и осушении // Вестник института биологии Коми НЦ Уральского отделения РАН. 2004. № 4(78). С. 15-17.
7. Волкова Ю.В., Криулин К.Н., Полетаев Ю.Б. Мелиорация земель. Осушение земель.: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 185 с.
8. Доклад об особенностях климата на территории РФ за 2012 год. М., 2013. 86 с.
9. Лукашова О.П., Пьяных Е.А., Заволокин М.В., Васюрин В.М., Петров С.С. Изменение климата Курской области в контексте современных глобальных изменений климата России. Естественные и математические науки в современном мире. 2014. № 14. С. 121-125.
10. Волкова Ю.В., Криулин К.Н., Полетаев Ю.Б. Мелиорация земель. Осушительные мелиорации. Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009.
11. Криулин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве. СПб., 2013. 120 с.
12. Ищенко А.В., Петров П.В. Разработка и научное обоснование новых конструктивных схем закрытого дренажа фундаментов зданий и сооружений // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 3(11). С. 107-114.
13. Нижегородцев Е.И. Экспериментальные исследования процесса дренирования в плоских дренажах из волокнистых полимерных материалов // Молодой ученый. 2014. № 4. С. 227-229.
14. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
15. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «HYSTERESIS» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб. «Материалы научной сессии по итогам 2012 года». СПб.: АФИ, 2013. С. 161-166.
16. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Волкова Ю.В., Терлеев В.В. Планирование инвестиций в строительство и реконструкцию мелиоративных систем // Природообустройство. 2013. № 3. С. 32-37.

ПРЕИМУЩЕСТВА «ЗЕЛЕННЫХ» ЗДАНИЙ
НА ПРИМЕРЕ ДВУХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

В настоящее время при проектировании и строительстве зданий и сооружений конструкторы учитывают не только экономическую и инженерную составляющие сооружения, но и экологичность данной постройки. Система стандартов, оценивающая эту сторону проектирования и эксплуатации здания, сфокусирована на нескольких основных областях: устойчивое развитие территории, экономия воды, энергоэффективность, выбор материалов, а также - качество среды в помещениях. В статье будут рассмотрены преимущества зданий, прошедших сертификацию и признанных экологичными.

Цель работы - оценка целесообразности сертификации зданий по «зеленым» стандартам; выявление преимуществ таких зданий для участников процесса строительства и эксплуатации.

Для достижения цели была проведена оценка жилых комплексов Санкт-Петербурга, прошедших сертификацию организацией BREEAM. «Зеленое» строительство – отрасль, включающая в себя строительство и эксплуатацию зданий с минимальным воздействием на окружающую среду. Основной задачей «зеленого» строительства является снижение уровня потребления ресурсов (энергетических и материальных) на протяжении всего жизненного цикла здания: от выбора участка по проектированию и проведению строительных работ до эксплуатации, ремонта и сноса. Вместе с тем «зеленое» строительство преследует цель – повышение качества строительства и комфорта внутренней среды. Это достигается как высокотехнологичными решениями (внедрение «зеленых» технологий), так и решениями, пролегающими в плоскости пассивной архитектуры [1].

В настоящее время сертификацией «зеленого» строительства занимается большое количество организаций. В данной работе для рассмотрения были выбраны жилые комплексы, прошедшие сертификацию методом оценки экологичности BREEAM (в сокращении – BRE), т.к. именно этот метод является наиболее универсальным: в нем учитываются национальные особенности и стандарты строительства для каждой страны. И поскольку он является международным, участники строительного процесса могут использовать этот сертификат во многих западных странах. Метод был предложен в 1990 г.: это один из первых принятых в Великобритании методов сертификации экологического качества, а сегодня – наиболее распространенный и признанный в стране.

«BRE Глобал Лимитед» – независимая организация Великобритании (отвечающая за сертификацию продуктов и услуг, поставляемых на международный рынок, по пожаробезопасности, экологичности и качеству) разработала методику стандартизированного подхода к оценке строительных и отделочных материалов для всех этапов жизненного цикла конкретного продукта. Метод оценки экологической эффективности зданий BREEAM используется по всему миру. Его особенностью является методика присуждения баллов по нескольким направлениям, касающимся различных аспектов жизнедеятельности, комфорта проживания и влияния на окружающую среду. Вся сумма экобаллов вычисляется путем сложения баллов по категориям экологического воздействия и умножается на коэффициент значимости. За десять лет использования метода BREEAM более чем 116000 зданий получили соответствующие сертификаты, и приблизительно 714000 были зарегистрированы [2, 3].

Далее рассмотрим особенности ЖК «Триумф парк», который недавно был сертифицирован по системе BREEAM. Жилой эко-комплекс «Триумф Парк» расположен в Московском районе Санкт-Петербурга: на пересечении Пулковского шоссе и Дунайского проспекта. «Триумф Парк» - один из немногих проектов комплексной застройки, близко расположенный к станциям метро и ключевым магистралям города. «Триумф Парк» рассчитан на 9000 квартир, первая очередь которого была сдана в эксплуатацию во II квартале 2013 г. Эксперты оценивали здания по ряду принятых параметров: управление процессом строительства; безопасность и минимизация воздействия на окружающую среду; качество и экологичность материалов для строительства; энергоэффективность и др. ЖК «Триумф Парк» получил высокие оценки, в том числе и по направлениям транспортной доступности, сбора и утилизации мусора (более 97% было утилизировано, есть площадка для раздельного сбора отходов), наличие социально-культурных объектов поблизости. Самое большое количество баллов получено за экологичность и управление строительством и готовым объектом. Экономическая составляющая данного проекта устойчива. Основные энергоэффективные решения, необходимые для получения сертификата, в проекте представлены. На объекте реализован целый комплекс мероприятий: энергоэффективные стеклопакеты и оборудование; решения по экономии электроэнергии; водоэффективное оборудование (сводит к минимуму расходы воды). В местах общего пользования снижение издержек на энергозатраты оценивается примерно в 15%, расчетное снижение водопотребления объекта составило 21%. Проект получил оценку по энергоэффективности на 20,6% выше, чем предписывают нормы. И это при том, что российские стандарты позволяют отклонение на 10% в худшую сторону.

Рассмотрим следующий пример жилого комплекса, который успешно прошел сертификацию BREEAM. Жилой комплекс «Шведская корона» расположен в Выборгском районе в непосредственной близости к станции метро Удельная. III очередь жилого комплекса «Шведская корона» компании NCC получила сертификат рейтинга экологической эффективности зданий BREEAM. По итогам проведенной экспертизы ЖК «Шведская корона» была отмечена как высокоэффективный проект по показателю энергосбережения благодаря примененной здесь системе поквартирной рекуперации тепла. Высокой оценки были удостоены система безопасности труда на стройплощадке, а также минимальный уровень воздействия строительного процесса на окружающую среду. В рамках сертификации готовый объект жилой недвижимости был комплексно оценен по нескольким важным критериям:

- 1) организация строительного процесса;
- 2) водо- и энергоэффективность;
- 3) здоровье и комфорт;
- 4) эффективность использования земли и экология;
- 5) строительные материалы (качество, экологичность);
- 6) утилизация отходов (строительные и бытовые);
- 7) транспортная доступность.

Международные эксперты из Лондона выделили следующие достоинства ЖК: строительная площадка обеспечивает минимальное воздействие на окружающую среду и высочайший уровень безопасности труда; в домах установлена поквартирная система рекуперации тепла; на территории ЖК обустроены велопарковки; территория проекта огорожена и оборудована видеоконтролем доступа; магазины, сервисные службы, детское дошкольное учреждение располагаются в пределах комплекса; на территории обустроен подземный гараж; благоустройство территории включает детские, спортивные и игровые площадки.

Итак, преимущества «зеленого» строительства для природы и для здоровья человека очевидны. Но стоит еще сказать про экономические выгоды для инвесторов: стоимость

аренды зеленых зданий повышается от 2 до 16%; повышение стоимости при продаже таких зданий составляет от 5,8 до 35%; заполняемость объектов «зеленого» строительства повышается на 2–18%; за счет сокращения потребления энергии операционные расходы снижаются на 25–30% [4]. Однако это зачастую становится сдерживающим фактором для арендаторов и покупателей квартир в таких комплексах. Стоимость многоэтажных жилых зданий при внедрении энергоэффективных технологий (сверх нормативных задач) увеличивается на 35-50 %. При покупке квартиры в многоквартирном доме или офиса в строящемся здании будущий собственник ориентируется на текущую стоимость квадратного метра и, в меньшей степени, - на возможность снижения эксплуатационных затрат [5]. Арендаторам нужно иметь в виду, что использование энергоэффективных технологий значительно уменьшают расходы на эксплуатацию, а это - более важная статья в расходах при долгосрочной аренде.

В работе получены данные об экологических характеристиках двух жилых комплексов и об энергоэффективных технологиях, использованных в данных проектах.

Сложность экологических технологий и их реализации в жилой недвижимости довольно высока. Она заключается не в увеличении строительной стоимости объекта, а в желании и готовности покупателей экономить энергоресурсы. Однако преимущества получают все участники строительного процесса. Так, арендатор получает возможность увеличить производительность труда, сэкономить на эксплуатационных расходах. Застройщик получает маркетинговое преимущество на рынке, получает возможность быстрее продать здания, привлечь дополнительное финансирование и обеспечить достаточное количество арендаторов. Инвестор, вследствие повышения энергоэффективности здания, становится менее зависимым от повышения цен на энергоресурсы. Для архитекторов, проектировщиков, инженеров и подрядчиков участие в проекте, сертифицируемом по международным стандартам, – независимое международное подтверждение их компетенции, качества проектных решений и дополнительное конкурентное преимущество. Для государства стандарты экологического строительства являются рычагом по внедрению инновационных технологий и поддержкой реализации природоохранного законодательства, а также рыночным механизмом по улучшению качества окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Примаков Л.В. «Зеленый» кодекс для новой России // Механизация строительства. 2010. № 7. С. 2-4.
2. Гусева К.С. Экологические сертификаты строительства // Мир современной науки. 2011. № 4. С. 23-26.
3. Назаров С.А., Грахов В.П. «Зеленое» строительство как инновационный инструмент развития рынка жилищной недвижимости // Интеллектуальные системы в производстве. 2013. № 2(22). С. 178-180.
4. Рынок зеленого строительства в России, 2013 [электронный ресурс] // Здания высоких технологий [сайт]. URL: http://zvt.abok.ru/upload/pdf_issues/9.pdf.
5. Шкатова М.В. Вопросы внедрения принципов энергоэффективности в жилые здания на примере г. Липецка // Технические науки - от теории к практике. 2016. № 55. С. 158-165.

УДК 728.84

М.А. Волюнец, В.Л. Баденко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПЛАНИРОВКИ КОТТЕДЖНЫХ ПОСЕЛКОВ ДЛЯ ВЫБОРА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ КОМФОРТНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ

В последние годы строительство коттеджных поселков приобретает все большие масштабы, поскольку люди предпочитают частный дом квартире, к тому же территории городских земель в большинстве своем уже застроены. Однако не существует единой

системы оценки комфортности проживания в коттеджных поселках. При этом существуют типичные проблемы планировки и обустройства поселков, которые для различных жильцов могут иметь разную значимость. Поэтому предлагается разработка методики оценки коттеджных поселков с применением комплексного параметра комфортности проживания.

Цель работы – разработка метода оценки комфортности проживания в коттеджных поселках на основе расчета комплексного параметра, складывающегося из факторов комфортности, вес которых определяется индивидуально для каждого опрашиваемого.

Для разработки данной методики необходимо определить факторы комфортности. Ими являются: сообщение с ближайшим городом, дорожная составляющая внутри поселка, комплексная составляющая близости необходимых учреждений и наличия компонентов благоустройства поселка [1, 2].

В свою очередь, фактор сообщения с городом складывается из следующих факторов:

- расстояние от поселка до города;
- загруженность дорог, соединяющих с городом;
- вид подъездных дорог, ведущих от городской автотрассы к коттеджному поселку [3].

Дорожная составляющая внутри поселка складывается из:

- количество полос внутрипоселочных дорог;
- количество разворотных площадок;
- форма планировки дорожной сети (радиальная/регулярная);
- наличие тротуаров или пешеходной зоны на дорогах;
- наличие ливневых водостоков на тротуарах (при их наличии) [4].

Комплексная составляющая близости необходимых учреждений и наличия компонентов благоустройства поселка включает:

- 1) наличие в поселке озеленённого парка отдыха, рекреационных водных объектов, дополнительных парковочных мест для гостей, велосипедных дорожек;
- 2) шаговую доступность продуктового магазина, детского сада, школы, поликлиники, спортивной и детской площадок, озеленённого парка отдыха [5, 6].

При назначении веса каждого фактора проводится расстановка приоритетов между четырьмя основными факторами, а также - среди мелких факторов внутри каждой из четырех групп.

В итоге значения каждого из параметров варьируют в зависимости от представленных стандартных значений таблицы 1 с прибавлением 0,1-0,5 балла для наиболее важных, по мнению опрашиваемого, и вычитанием 0,1-0,5 для пунктов с более низким приоритетом. Значение каждого из четырёх основных факторов складывается из суммы составляющих параметров с прибавлением 1 и 0,5 балла для 1-го и 2-го приоритета соответственно и вычитанием 1 и 0,5 балла для 3-го и 4-го приоритетов.

В таблице 1 стандартные значения параметров назначены таким образом, что каждое из них варьирует от 0 до 1, следовательно, в расчетах определяющим фактором будет расстановкой приоритетов опрашиваемым для выявления индивидуального результата оценки коттеджного поселка.

Авторами разработана методика оценки коттеджных поселков на предмет комфортности, основанная на мнении каждого опрашиваемого; определены стандартные значения параметров и градация их значений в зависимости от индивидуальных приоритетов опрашиваемых.

В дальнейшем планируется осуществить разработку набора стандартных инженерных мероприятий в программе Autocad для каждого из параметров в случае их неудовлетворительного значения.

Таблица 1

Стандартные значения параметров

Параметр	Единица измерения	Условие	Принимаемое значение
Расстояние от поселка до города	км	< 10	1
		10-30	0,75
		30-50	0,5
		> 50	0,25
Загруженность дорог, соединяющих с городом	—	Пробки 0-1 баллов	1
		2-5 баллов	0,75
		5-10 баллов	0,5
Вид подъездных дорог, ведущих от городской автотрассы к коттеджному поселку	—	Асфальтовое покрытие	1
		Покрытие из щебня	0,75
		Грунтовое покрытие	0,5
Количество полос	шт	2	1
		3	0,75
		1	0,5
Количество разворотных площадок на квартал	шт	1-2	1
		0,25-0,5	0,5
Форма планировки дорожной сети	—	Радиальная с въездом в центре	0,75
		Радиальная с въездом с краю	0,5
		Регулярная с одним въездом	0,75
		Регулярная с двумя въездами	1
Наличие тротуаров или пешеходной зоны на дорогах	—	Да	1
		Нет	0
Наличие ливневых водостоков на тротуарах (при их наличии)	—	Да	1
		Нет	0
Радиус шаговой доступности			
продуктового магазина	м	< 300	1
		≥ 300	0,5
детского сада	м	< 500	1
		≥ 500	0,5
школы	м	< 750	1
		≥ 750	0,5
поликлиники	м	< 1000	1
		≥ 1000	0,5
до спортивной и детской площадок	м	< 1000	1
		≥ 1000	0,5
до озеленённого парка отдыха (при его наличии)	м	< 1200	1
		≥ 1200	0,5
наличие в поселке велосипедных дорожек	—	+	1
		—	0
наличие в поселке рекреационных водных объектов	—	+	1
		—	0
наличие дополнительных парковочных мест для гостей	—	+	1
		—	0

Вывод. Данная методика позволяет максимально точно оценить важность каждого фактора оценки для жильцов коттеджных поселков, по результатам опросов выделить первочередные проблемы каждого поселка и разработать инженерные мероприятия по их

решению. Также с помощью данной методики потенциальные покупатели коттеджей могут выбрать из нескольких существующих поселков наиболее удовлетворяющий их индивидуальным запросам и комфортный для проживания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бороухина Н.Н., Учинина Т.В. Анализ потребительских предпочтений при выборе жилья в организованных поселках (на примере г. Пензы) // Современные проблемы науки и образования. Пенза, 2015.
2. Максакова А.Н., Горбунова В.С. Малоэтажная жилая застройка: плюсы и минусы // Перспективы науки и образования. 2013. № 6. С. 184-185.
3. Саянов А.А. Географические факторы формирования коттеджных поселков в России, автореферат диссертации, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. С. 10-13.
4. Аткина Л.И., Булатова Л.В. Планировочная структура коттеджных поселков, Инновации в ландшафтной архитектуре // Материалы VII научно-практической конференции, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2011.
5. Танаева Т.Н., Учинина Т.В., Усанова Н.В. Обеспечение жилой застройки социальной инфраструктурой при организованном малоэтажном строительстве // Современные проблемы науки и образования. Пенза, 2014. С. 3-6.
6. Волынец М.А., Волкова Ю.В. Оптимальная планировка коттеджных посёлков // Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2015. С. 122-123.

УДК 691.32:620.179

В.А. Щелчков, Д.А. Ипатов, И. Того
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Одним из важнейших показателей качества бетона в сооружении является его фактическая прочность. Стандартная методика ее определения заключается в разрушении образцов-кубов на прессе при испытании на сжатие. Но для эксплуатируемого сооружения данный метод весьма трудоемкий и требует частичного разрушения сооружения. Однако, существует более простой и надежный метод контроля прочности бетона в зданиях и сооружениях - это ультразвуковой метод определения прочности.

Целью данной статьи является обзор ультразвукового метода определения прочности бетона. Задачами же являются: описание его сути и выгоды, определение различных факторов, влияющих на показания прочности при использовании метода.

Акустические параметры материалов (скорость распространения упругих волн, время прохождения ультразвуковой волны через них и др.) связаны с их механическими свойствами (прочность, жёсткость, твёрдость и др.). Это позволяет по акустическим характеристикам материала судить о его механических свойствах [1]. По причине множества акустических характеристик, связанных с механическими, существует множество способов контроля прочности бетона ультразвуковым методом. Например, прочность могут определять по скорости упругих волн, при «прозвучивании» материала ультразвуком, либо же по времени прохождения ультразвуковой волны через него. Основным же способ контроля – по скорости упругих волн [2].

Ультразвуковой контроль может осуществляться различными методами. Одним из таких методов, применяющихся для определения прочности бетона, является метод прохождения [2]. При контроле методом прохождения, излучающий и приемный преобразователи располагают по разные стороны от объекта контроля или с одной его стороны на определенном расстоянии друг от друга. Информацию получают, измеряя

акустические параметры прошедшего от излучателя к приемнику сквозного сигнала [2]. На основании полученных данных, по способу, описанному в [3], строят градуировочную зависимость прочности бетона от измеренного акустического параметра, к примеру: «скорость ультразвука – предел прочности» (рис. 1). И уже после (непосредственно в сооружениях), «прозвучивая» бетон ультразвуком, определяют его прочность по полученной градуировочной зависимости.

На рис. 2 представлены результаты работ различных авторов по определению зависимости между скоростью распространения ультразвука и прочностью бетона. Из приведенных кривых видно, что, несмотря на наличие связи между скоростью и прочностью бетона, для каждого отдельного случая одно и то же значение скорости ультразвука соответствует различной прочности бетона [4]. Это связано с различным составом бетонов. При одинаковой прочности нескольких видов бетона, величина скорости ультразвука, определенная ультразвуковым методом, может колебаться в зависимости от состава бетона.

Рассмотрим некоторые факторы, влияющие на скорость распространения ультразвука в бетоне [4].

Влияние крупного заполнителя. Чем прочнее крупный заполнитель и чем больше его, тем резче меняются упругие свойства бетона, а, следовательно, - и скорость распространения ультразвука. Крупный заполнитель значительно меняет скорость распространения упругой волны и, в то же время, не оказывает такого же влияния на прочность бетона.

Влияние арматуры. Скорость распространения ультразвука в стали составляет более 5500 м/с. В бетонах высокой прочности она может достигать до 4500-4700 м/с. При малой прочности бетона скорость распространения ультразвуковой волны в арматуре значительно больше скорости ультразвука в бетоне. Поэтому стальная арматура может в некоторой степени усложнить расшифровку полученных результатов.

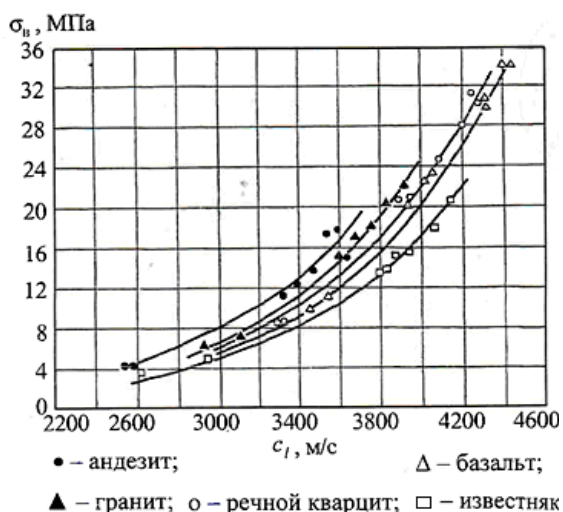


Рис. 1. Связь прочности со скоростью продольной упругой волны для бетонов с разными тяжёлыми заполнителями

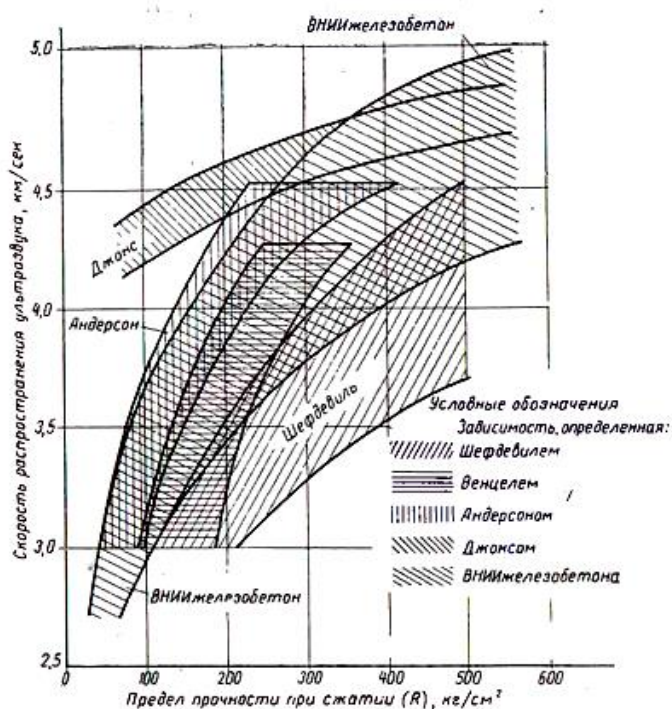


Рис. 2. Кривая зависимости прочности бетона при сжатии от скорости распространения в нем ультразвука по данным различных авторов

Главное преимущество ультразвукового метода, по сравнению со стандартной методикой, состоит в том, что он позволяет экономить за счет неразрушения материала. Так, например, в результате внедрения статистического приемочного контроля прочности бетона в изделиях на Светловодском заводе ЖБК повысились достоверность и надежность контроля бетона относительно стандартной методики. Кроме того, (на основании анализа основных технико-экономических показателей статистического приемочного ультразвукового контроля прочности бетона) на технологических линиях Светловодского завода ЖБК выявлена экономическая эффективность этого метода (табл. 1). В целом экономический эффект в результате внедрения статистического приемочного контроля прочности, по данным ультразвуковых испытаний, достигает 0,64 руб. на 1 м³ изделий, а при контроле всей продукции завода – 100-120 тыс. руб. в год [5].

Таблица 1

Сравнение различных показателей при контроле по кубам
и при статистическом контроле с применением ультразвука на Светловодском заводе ЖБК

Показатели	При контроле по кубам	При статистическом контроле с применением ультразвука
Полная себестоимость 1 м ³ ж/б изделий, руб./м ³	47,82	47,18
Расход/Стоимость цемента, (кг/м ³)/(руб./м ³)	400/7,2	372/6,7
Среднегодовая стоимость изделий при статистических испытаниях, руб./м ³	0,088	–
Среднегодовая стоимость условно бракованной продукции, руб./м ³	0,120	0,072
Среднегодовой расход оборотных средств из-за выдержки готовых изделий на посту распалубки до паспортизации, руб./м ³	0,057	–

Внедрение систематического ультразвукового контроля на заводах ЖБК гидроэнергетических строителей позволило своевременно определять прочность бетона в изделиях и конструкциях на любой срок и оперативно принимать решения об их использовании в сооружениях [5].

По результатам исследования можно сделать вывод о том, что ультразвуковой метод определения прочности бетона является выгодным, поскольку относится к неразрушающим методам. Его выгодность также доказывают приведенные таблицы, где представлено сравнение со стандартной методикой.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ботаки А.А., Ульянов В.Л., Шарко А.В. Ультразвуковой контроль прочностных свойств конструкционных материалов. М.: Машиностроение, 1981. 80 с.
2. Алешин Н.П., Бобров В.Т., Ланге Ю.В., Щербинский В.Г. Ультразвуковой контроль: учеб. пособие / под общ. ред. В.В.Клюева. М.: Издательский дом «Спектр», 2011. 224 с.
3. ГОСТ 17624-2012 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.
4. Вайншток И.С. Ультразвуковой импульсный метод контроля прочности бетона на заводах железобетонных изделий.
5. Ваславский В.Ф., Филонидов А.М. Статический контроль прочности бетона с применением ультразвука. Издание Центра научно-технической информации по энергетике и электрификации. Информэнерго. 1972.

АДАПТАЦИЯ МЕТОДИКИ ЭКСПЕРТНО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ
СЦЕНАРИЕВ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ КОПЫЛКОВСКОЙ ГЭС

В связи со значительным удорожанием углеводородного сырья во многих регионах РФ местные власти вернулись к идее возрождения малых (т.н. «колхозных») ГЭС, поставляющих дешевую и экологически чистую электроэнергию. Однако большая часть заброшенных малых ГЭС находится в плачевном состоянии, и для экономического обоснования реконструкции этих объектов необходимо оценить возможные риски разрушения подпорного сооружения.

Цель исследования - обоснование реконструкции малых ГЭС на примере Копылковской ГЭС. Копылковская ГЭС, расположенная на реке Великой у деревни Копылок Пустошкинского района, была введена в эксплуатацию в 1960 г. Мощность - 0,4 МВт. После консервации в 1974 г. уровень водохранилища понизился на 3,5 м; плотина ГЭС находится в удовлетворительном состоянии; здание ГЭС разрушено; гидроагрегаты отсутствуют.

Таблица 1

Признак	Значения признака x_j^1 (причина аварии)
x_1^1	Волна
x_2^1	Грунты
x_3^1	Давление
x_4^1	Дефект
x_5^1	Деформация
x_6^1	Землетрясение
x_7^1	Износ
x_8^1	Кавитация
x_9^1	климат
x_{10}^1	Неизвестные причины
x_{11}^1	Оползни
x_{12}^1	Оседание (просадка)
x_{13}^1	Паводок
x_{14}^1	Переполнение
x_{15}^1	Недостатки проекта
x_{16}^1	Промерзание
x_{17}^1	Недостатки строительства
x_{18}^1	Суффозия
x_{19}^1	Трещинообразование
x_{20}^1	Фильтрация
x_{21}^1	Недостатки эксплуатации
x_{22}^1	Эрозия

Планируется после восстановления электростанции вывести ее на мощность 500 кВт. В соответствии с федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.1997 N 117-ФЗ любое гидротехническое сооружение должно иметь декларацию безопасности [1]. Для составления декларации предлагается использовать методику экспертно-статистической оценки [2]. В этой методике все возможные на ГЭС сценарии аварийных ситуаций рассматриваются как отдельное множество. Для представления всего множества в виде отдельных групп необходимо найти признаки таких процессов, которые бы являлись независимыми и общими. Было предложено использовать три признака: причина аварии, место аварии и характер аварии.

Анализ случаев уже осуществившихся на практике аварийных ситуаций на ГЭС дает 7106 возможных сценариев [3]. Такой объем информации достаточно сложно оценить эксперту. В некоторых случаях предлагается представлять информацию в более сжатом виде, отсекая заведомо невозможные причины аварии.

Проанализировав множество причин аварийных ситуаций (табл. 1), авторы предлагают исключить ряд пунктов.

1. Волна. На малых озерах и водохранилищах высота волн обычно не превышает 0,5 м [4]. Сейши не образуются в водохранилище Копылковской ГЭС, в связи с его малой площадью.
2. Землетрясение. По данным карты сейсмических районов России с вероятностью 0,5% возникновения и возможного превышения сейсмической интенсивности в баллах шкалы MSK-64 в течение 50 лет (период повторяемости $T = 10000$ лет) на территории Псковской области возможно землетрясение 5 баллов по шкале MSK-64. Следовательно, данный фактор можно не рассматривать, в качестве причины аварийной ситуации, т.к. рассматриваемая ГТС относится к IV классу капитальности.
3. Кавитация. Скорость течения реки Великая мала, в межень изменяется от 0,1-0,6 м/с на плесах до 0,8-1,7 м/с на перекатах [5]. Такая скорость недостаточна для образования гидродинамической кавитации. Гидроагрегаты отсутствуют. Следовательно, эта причина может быть исключена.
4. Оползни. Рельеф Псковской области преимущественно низменно-холмистый, река Великая течет в западной части региона на Псковской низменности; таким образом, на данной территории отсутствуют крутые склоны, которые могут вызвать оползни. Также на территории Псковской области отсутствуют сильные продолжительные ливни, которые могут вызвать оползни. Кроме того, залесенность бассейна реки Великая довольно значительная и составляет 36%, что препятствует образованию оползней [6].
5. Суффозия. В Псковской области преобладают пески и супеси. В состав песчаных грунтов входят частицы размерами от 0,1 до 2 мм. Так как наличие мелких глинистых частиц в супесях не превышает 10%, ими можно пренебречь. Используя значения критических скоростей фильтрации, необходимых для выноса и перемещения частиц соответствующих размеров, по исследованиям Д.Д. Джастина, получаем, что минимальная критическая скорость подземных вод должна составлять 1,83 м/мин. Данная скорость слишком велика для подземных вод Псковской области, следовательно, суффозия не может образоваться на данной территории.
6. Климат Пскова переходный от умеренно морского к умеренно континентальному, с мягкой зимой и тёплым летом. Осадков больше выпадает летом и ранней осенью. Средняя минимальная температура за последние 10 лет наблюдается в феврале ($-10,2^{\circ}\text{C}$), средняя максимальная – в июле ($24,7^{\circ}\text{C}$). Максимальная норма осадков выпадает в августе (96 мм), годовая норма осадков (678 мм). Количество дней с переходом через 0°C – 70 (по схематической карте распределения среднего за год числа дней с переходом температуры воздуха через 0°C , рекомендуемая по СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология). Атмосферная циркуляция обуславливает преобладание в Пскове за год ветров южного и юго-западного направлений. Средняя месячная скорость ветра в течение года изменяется мало, в пределах 3-5 м/с [7-8]. Соответственно климат в данном регионе не повлечет изменений в конструкции ГЭС.

Следующие пункты должны учитываться при анализе состояния данного ГТС.

1. Оценка таких причин, как: давление, дефект, деформация, трещинообразование, износ, неизвестные причины, оседание, недостатки проекта, недостатки строительства, недостатки эксплуатации, требует дополнительного обследования сооружений; следовательно, они не могут быть исключены из возможных сценариев.
2. Грунты. В Псковской области преобладают пески и супеси. Строение, возведенное на данных грунтах, подвержено осадке, однако она прекращается довольно быстро. Но следует учитывать, что такой грунт не должен подвергаться воздействию грунтовых вод. Таким образом, данные грунты недостаточно прочные и могут являться причиной аварийной ситуации.
3. Промерзание. Глубина промерзания грунтов Псковской области 1,1 м. Так как средняя минимальная температура составляет $-10,2^{\circ}\text{C}$, промерзание может являться причиной возникновения аварийной ситуации.

4. Паводок. Для рек с площадями до 50000 км^2 можно использовать карты среднемноголетнего годового стока; таким образом, годовой слой стока R_w реки Великой в мм по В.А. Троицкому составляет 250 мм. Найдем объем среднего многолетнего стока $\bar{w}$ по формуле $\bar{w} = R_w F \cdot 10^3$ (здесь F - площадь водосбора Копылковской ГЭС). Площадь водосбора Копылковской ГЭС найдена по карте и составляет примерно 3000 км^2 . Таким образом, объем среднего многолетнего стока составляет $747,4 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Копылковская ГЭС относится к IV классу капитальности, для которого ежегодная вероятность превышения расчетных максимальных расходов – 5%; следовательно, данный фактор может создавать аварийную ситуацию на ГЭС.

5. Фильтрация. Для определения водопроницаемости грунтов используют коэффициент фильтрации. В нашем случае хорошо фильтрующие грунты (пески и супеси), следовательно, фильтрация может являться причиной аварийной ситуации.

6. Переполнение. В связи с тем, что объем среднего многолетнего стока превышает объем призмы регулирования водохранилища, может возникнуть пополнение, которое повлечет за собой перелив воды через гребень плотины и ее размыв.

7. Эрозия. Так как плотина Копылковской ГЭС является насыпной, в ней существует явление фильтрации, что может привести к эрозии [9].

Выводы. Такой подход позволяет уменьшить число рассматриваемых аварийных ситуаций. В дальнейшем предполагается провести анализ таких признаков аварийной ситуации, как место и характер, что приведет к значительной экономии труда приглашенных экспертов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».
2. Dashkina A., Petrovskaja E., Skvortsova O. The classification of accidental situations' scenarios based on systems analysis of occurred incidents on hydropower plants // International Scientific Conference – Architecture, Urban Planning and Construction Engineering, AUPCE-2015.
3. Скворцова О.С. Диссертация. Методика экспертно-статистической оценки реализации сценариев аварийных ситуаций на ГЭС.
4. Карлов Б.И., Певзнер В.А. Учебник судоводителя-любителя. Изд-во: ДОСААФ, 1972.
5. Гидрография. [Электронный ресурс] / <http://sebezhh.reg60.ru/orajone/gk/gidrografija/print>.
6. Движение рыхлого грунта. [Электронный ресурс] / <http://awesomeworld.ru/prirodnnye-yavleniya/opolzn.html>.
7. Weatheronline P. [Электронный ресурс] / <http://www.weatheronline.co.uk/weather/maps/city?FMM=1&FYY=2004&LMM=12&LYY=2013&WMO=26258&CONT=euro&REGION=0006&LAND=RS&ART=TEM&R=0&NOREGION=1&LEVEL=162&LANG=en&MOD=tab>.
8. Шевельков В.В., Былеев А.С. Анализ климатических условий псковской области для возможности использования НВИЭ. Изд-во: ППИ, 2011.
9. Безопасность плотин. [Электронный ресурс] / http://www.cawater-info.net/int_org/icold/dam_safety.htm.

УДК 711.4

Е.А. Корнеева, А.С. Кокарев, К.В. Зотов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ФОРМИРОВАНИЕ БУФЕРНЫХ ЗОН ТРАНСПОРТНО-ПЕШЕХОДНЫХ СВЯЗЕЙ МИКРОРАЙОНОВ 60-80-х ГГ. В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

В Санкт-Петербурге существуют проблемы транспортно-пешеходных сетей микрорайонов: причина этого - в увеличении автомобилизации и устаревшей планировочной структуре. Анализ сложившейся градостроительной ситуации является весьма актуальной задачей.

Цель работы – рассмотреть подходы к формированию и обустройству буферных зон транспортно-пешеходных сетей микрорайонов 60-80х гг.

Система проездов в микрорайонах и жилых районах обеспечивает возможность подъезда автотранспорта с магистральных улиц к объектам, расположенным в жилых районах и микрорайонах в пределах межнагистральной территории. Система проездов должна отвечать требованиям соблюдения тишины и безопасности, по возможности исключать сквозное движение автотранспорта через межнагистральную территорию [1].

При проектировании микрорайонных проездов рекомендуется:

- главные проезды, ведущие к нескольким группам жилых многоэтажных зданий, проектировать в две полосы движения шириной 7 м;
- основные проезды, ведущие к отдельной группе жилых зданий, к торговым, культурно-бытовым предприятиям и учреждениям, проектировать шириной 5,5 м;
- подъезды к отдельным зданиям проектировать однополосными с проезжей частью шириной 3,5 м [2].

Можно отметить несколько подходов к формированию транспортно-пешеходных зон:

1) функциональный; 2) социально- психологический; 3) конструктивный [3].

Рассмотрим эти подходы на примере типового микрорайона в Калининском районе в Санкт-Петербурге (рис. 1).

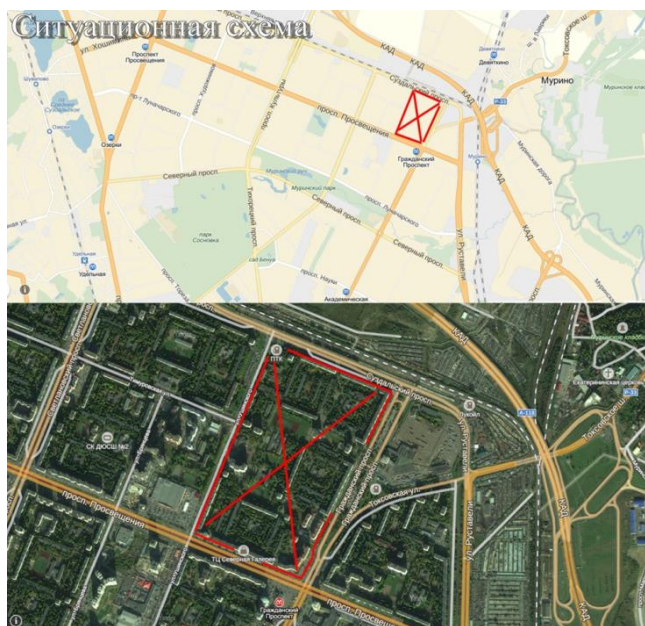


Рис. 1. Ситуационная схема

Район образован в 1936 г. Нынешние границы района сформированы в 1973 г., когда из вновь застроенной восточной его части был выделен новый Красногвардейский район [4]. Микрорайон ограничивается следующими улицами: Гражданский проспект, проспект Просвещения, Суздальский проспект, улица Ушинского. Рядом расположено метро Гражданский проспект. Микрорайон застроен типовыми зданиями 60-80 х гг.

Суть метода буферных зон заключается в определении территории, отстоящей от объекта на расстояние не больше заданной величины. Объектом в данном случае будет являться транспортно-пешеходная сеть внутри микрорайона, вдоль которой планируется сооружение тротуара или расширение самой проезжей части. Расстояние от объекта задается шириной тротуарного покрытия.

Применив этот метод, можно рассмотреть возможность сооружения тротуаров вдоль проезжей части или ее расширения во всем микрорайоне. Те зоны, которые не будут пересекаться с другими важными объектами местности, такими как забор, стена дома, детские площадки и др., будут рассматриваться как потенциальные места модернизации транспортно-пешеходной сети. Каждая зона должна быть проанализирована на необходимость ее изменения в области согласно следующим подходам.

1. Функциональный подход основан на практической значимости и свойствах транспортно-пешеходной сети. Важными условиями, формирующими общую площадь транспортной и пешеходной зон, являются: назначение проезда; назначение зданий; градостроительная ситуация; климатические условия; этажность.

2. Социально-психологический подход. Проведен социальный опрос граждан в количестве 100 человек, проживающих на территории рассматриваемого микрорайона.

Результаты опроса населения о необходимости тротуаров в данном микрорайоне (рис. 2) показал: а) 70% опрошиваемых за оборудование тротуаров вдоль проездов у зданий и учреждений; б) 15% за оборудование тротуаров вдоль наиболее посещаемых учреждений; в) 15% устраивает градостроительная ситуация.



Рис. 2. Диаграмма ответов жителей микрорайона

3. Конструктивный подход. Данный подход рассматривает наиболее эффективное расположение внешних и внутренних транспортно-пешеходных зон и предполагает подробную проработку конструктивных элементов с учетом пропускной способности проездов и градостроительной ситуации.

Обследование проводилось по трем участкам (рис. 3). Участки были выбраны рядом с наиболее посещаемыми зданиями и учреждениями (рис. 4).

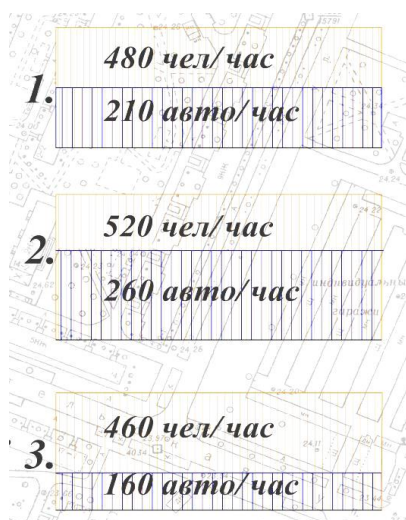


Рис. 3. Картограмма транспортно-пешеходных потоков

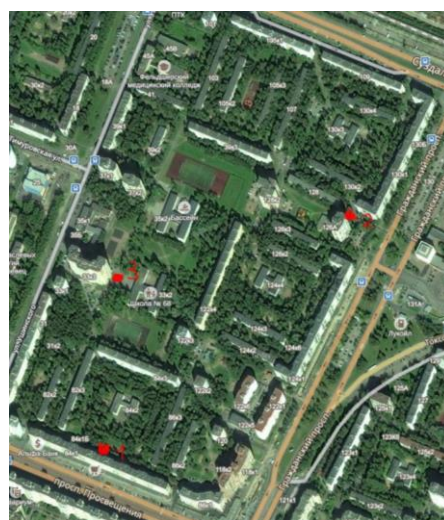


Рис. 4. Выбранные точки рассмотрения транспортно-пешеходных потоков

Выводы. Таким образом, с помощью применения подходов выделения буферных зон можно определить недостатки транспортно-пешеходной сети и несоответствия устаревшей градостроительной ситуации нормативным документам. Выявив зоны несоответствия, далее используем уже подготовленные шаблоны решения сложившейся проблемы из созданной ранее библиотеки элементов. Представленный подход имеет широкое поле применения и может использоваться для решений задач по планированию городских территорий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вагнер Е.А. Процессы урбанизации и развитие пешеходных коммуникаций (на примере формирования городов центральной Европы, России и планировочных зон г. Красноярска). Изд-во: Архитектон: известия вузов, 2012. № 38. 11 с.
2. Малоян Г.А. Основы градостроительства. Москва, Изд-во: Ассоциация строительных вузов, 2004. 156 с.
3. Бурдина Н.А. Аспекты психологического воздействия геометрии формы пространства интерьера на жизнедеятельность человека: дисс. на соискание уч. степени канд. архитектуры. Екатеринбург, 2004. 163 с.
4. Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга. URL:http://gov.spb.ru/gov/terr/reg_kalinin/ (дата обращения: 10.10.2016).

УДК 348.46

Д.В. Бородин, О.Г. Никонова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ, КАСАЮЩИХСЯ САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

До 2008 г. основной процедурой, регламентирующей деятельность строительных организаций, являлось государственное лицензирование. 22 июля 2008 г. был принят Федеральный закон № 148-ФЗ, в котором лицензирование заменяется допуском на определенные виды деятельности, выданным саморегулируемой организацией (СРО). Согласно изменениям, внесенным в Градостроительный кодекс РФ, были созданы СРО: в строительстве, проектировании и инженерных изысканиях, которые в свою очередь вошли в состав национальных объединений НОСТРОЙ и НОПРИЗ.

Основной целью создания СРО в строительстве является повышение качества, надежности и безопасности строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов [1]. Также предполагалось очистить рынок от недобросовестных участников, снизить вмешательство государства в рыночные механизмы отрасли. Считалось, что СРО будут предъявлять своим членам более высокие требования, чем при государственном лицензировании. СРО должны внимательно подходить к вопросу принятия новых членов, а также контролировать текущее состояние дел в них.

По схеме, предложенной законодателем, вступая в СРО, новые участники вносят взнос в компенсационный фонд. Минимальный размер взноса устанавливается государством. СРО несет за своих членов субсидиарную ответственность в пределах компенсационного фонда при причинении ущерба, вызванного некачественным выполнением работ или нарушением договорных обязательств. Поэтому слабым компаниям будет значительно сложнее получить доступ на рынок.

Несмотря на существенные преимущества от введения института саморегулирования, вскоре после введения нового порядка обнаружились существенные проблемы, которые сегодня мешают строительным организациям нормально осуществлять свою деятельность.

Для исправления существующих перекосов в законодательстве 3 июля 2016 г. был принят Федеральный закон № 372-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Часть его положений вступает в силу со дня официального опубликования, т.е. с 4 июля 2016 г. В полную силу закон заработает с 1 июля 2017 г.

Цель работы: выявить положительные и отрицательные стороны новой редакции закона о саморегулируемых организациях, сопоставив его с предыдущей редакцией.

Для достижения поставленной цели были проанализированы оценки специалистов строительной отрасли, представителей бизнеса, а также юристов. По этим оценкам можно выделить ключевые недостатки действующего законодательства [2-4].

Одним из ключевых изменений стало то, что сегодня деятельность СРО распространяется только на субъект РФ (регион), в котором она зарегистрирована. Теперь из отрасли уйдут многие недобросовестные СРО, которые принимали новых членов со всей страны и за деньги выдавали им допуски на выполнение работ. Естественно, никакого контроля за деятельностью принятых членов впоследствии не осуществлялось. Значительная часть действующих СРО были зарегистрированы в г. Москва и г. Санкт-Петербург.

Также теперь не допускается уплата взноса в компенсационный фонд СРО в рассрочку или иным способом, исключаящим единовременную уплату указанного взноса. Этой возможностью активно пользовались слабые участники рынка, которые впоследствии были не в состоянии отвечать по своим договорным обязательствам. Кроме того, стала невозможна уплата взноса третьими лицами. Исключение составляют действующие члены этой СРО, которые таким образом ручаются за нового члена.

После введения поправок членство в СРО станет обязательным только для генеральных подрядчиков. Сейчас же имеет место ситуация, при которой генподрядчик вносит взнос в компенсационный фонд и заключает соглашение с несколькими субподрядчиками, которые также обязаны оплатить этот взнос. Это препятствует деятельности мелких субподрядных организаций, а даже минимальные взносы в компенсационный фонд являются серьезным бременем для малого бизнеса. Более того, отменяется обязательное членство в СРО для компаний, не являющихся генподрядчиками и выполняющих работы на сумму меньше 3 млн. руб., что также отвечает интересам малого бизнеса.

Специалистами отмечаются также негативные стороны принятого закона. Во-первых, отмечается противоречие некоторых его статей действующим нормативно-правовым актам. Так, например, устанавливается положение, в соответствии с которым договор банковского счета, на котором размещаются средства компенсационного фонда, является бессрочным. В Гражданском кодексе РФ предусматривается, что при заключении договора банковского счета клиенту или указанному им лицу открывается счет в банке на условиях, согласованных сторонами [4]. Таким образом, условия заключения договора банковского счета, в т. ч. его срочность, не могут регулироваться нормами федеральных законов.

Установлены новые требования к месту регистрации СРО. Согласно предыдущей редакции закона организации строительной отрасли и индивидуальные предприниматели могли вступать в СРО в любом субъекте РФ. По новой редакции организации и ИП должны вступать в СРО по месту своей регистрации. Если в регионе отсутствуют СРО, то компании необходимо стать членом СРО в соседних регионах.

По мнению экспертов, данное положение нового закона о вступлении в СРО только по месту регистрации находит противоречие в п. 1 ст. 8 Конституции РФ: «В Российской Федерации гарантируются единство экономического пространства, свободное перемещение товаров, услуг и финансовых средств, поддержка конкуренции, свобода экономической деятельности». Это же положение может затруднить деятельность строительных фирм в регионах. Так, по данным Государственного реестра саморегулируемых организаций,

который ведет Ростехнадзор, в 31 субъекте РФ отсутствуют СРО проектировщиков, только в 13 субъектах есть СРО изыскателей. Кроме того, в 35 регионах на данный момент существует по одной СРО строителей, которые после начала действия закона смогут предъявлять новым членам требования, многократно превышающие минимальные, указанные в законе. У предпринимателей не будет возможности искать в других субъектах СРО с более привлекательными условиями вступления и осуществления профессиональной деятельности в виду формального соблюдения требования о наличии профильной СРО в регионе. Зато такая возможность будет у иностранных компаний, которые смогут вступить в любую российскую СРО. Результатом станет монополизация рынка, ухудшение условий деятельности малого бизнеса. Проблема коррупции в саморегулируемых организациях усилится в отдаленных частях страны, где с ней будет значительно сложнее бороться, чем в Москве и Санкт-Петербурге.

Новой редакцией Градостроительного кодекса РФ предусматривается создание компенсационного фонда обеспечения договорных обязательств (ФОДО) помимо компенсационного фонда возмещения ущерба. Этот фонд обязаны формировать СРО, часть членов которых заявят о намерении участвовать в конкурсе по государственным и муниципальным контрактам (например, для СРО в строительстве 30 членов). Внесение средств в ФОДО отвлечет из отрасли значительные средства, что создаст дополнительные проблемы строительным компаниям в условиях неблагоприятной экономической ситуации. При этом сопоставление минимальных взносов в фонд и предельных размеров обязательств по таким договорам позволяет сделать вывод о бесполезности принимаемых мер. В случае наиболее неблагоприятной ситуации совокупный размер ФОДО позволит компенсировать лишь 12-23% договорных обязательств члена СРО в проектировании и 2-20% в строительстве [4]. Следует также отметить, что размеры взносов в оба фонда законодателем разделены на 4 уровня ответственности в зависимости от стоимости обязательств по заключенным договорам [1].

В работе рассмотрены основные достоинства и недостатки нового закона, по которому в скором времени будет выстраиваться работа СРО.

Вывод. Наблюдается явная тенденция значительного повышения влияния государства в строительной отрасли. Анализ текущего положения дел в сфере саморегулирования выявляет системные проблемы и острую необходимость реформирования.

По мнению авторов, принятие данного закона является оправданным, несмотря на имеющиеся недостатки. Дальнейшим шагом должно стать исследование практического применения закона. На основе этого исследования, а также на основе оценок и предложений субъектов отрасли возможно принятие новых нормативно-правовых актов, которыми будут устраняться выявленные недостатки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Градостроительный кодекс РФ.
2. Материалы портала «Все об СРО». [Электронный ресурс] URL: <http://www.all-sro.ru/> (Дата обращения 13.10.16).
3. Материалы портала «Саморегулирование». [Электронный ресурс] URL: <http://sroportal.ru/> (Дата обращения 13.10.16).
4. Заключение об оценке регулирующего воздействия на проект федерального закона «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования вопросов саморегулирования» [Электронный ресурс] URL: <http://regulation.gov.ru/Files/GetFile?fileid=033cff54-8399-4c05-a3af-9323fdc9be7a>. (Дата обращения: 13.10.2016).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ ПЛАТФОРМ AUTODESK REVIT 2017
И BENTLEY MICROSTATION V8i ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ В РФ

В современном мире существует множество самых разных систем для архитектурно-строительного проектирования и обработки данных, полученных в ходе проектно-исследовательских работ [1-3]. В данной статье будут рассмотрены и сравнены две из них: Autodesk Revit 2017 и Bentley MicroStation V8i. Обе системы позиционируются разработчиками, как системы архитектурно-строительного проектирования, основанные на применении BIM-технологий.

Цель работы - проведение сравнительного анализа программного обеспечения (ПО), основанного на следующих критериях: время открытия программы; удобство программного интерфейса; простота изучения; распространенность, востребованность; доступность приобретения ПО.

Скорость установки ПО не будет рассматриваться, т.к. по сравнению со временем использования программы она занимает крайне мало времени. Для установки обеих программ необходимо подключение к сети Интернет, поэтому этот критерий аналогично не будет рассматриваться.

1. Время открытия ПО

Была проведена пробная серия открытия обеих программ из четырех попыток с интервалом 30 мин (для гарантированного завершения фоновых задач системы) после включения компьютера (компьютер, на котором проводилось испытание, удовлетворял минимальным требованиям каждого ПО) которая дала результаты, представленные в таблице 6.

Таблица 6

Средние значения времени открытия ПО

Программа	Открытие программы, с	Открытия пустого файла, с	Открытие файла с данными аналогичного содержания, с
Bentley MicroStation V8i	7	Файл 2D: 7,75	Файл 2D: 7,5
		Файл 3D: 9	Файл 3D: 11,25
Autodesk Revit 2017	18,5	17	19,75

При первом открытии файла любого типа в обеих программах проходит 2-3 мин, прежде чем файл откроется. Это связано с особенностями работы данного ПО. У Bentley MicroStation V8i присутствуют 2 строчки в некоторых столбцах, т.к. это связано с особенностями работы данной программы. В программе не предусмотрена возможность перехода из 2D файла сразу же в 3D.

Как следует из результатов, файлы Bentley MicroStation легче разворачиваются в системе.

2. Удобство программного интерфейса

По мнению авторов, Bentley MicroStation интерфейс наиболее удобен: все необходимые для создания проектов функции расположены на панели задачи, и не требуется открывать вкладки верхнего меню (рис. 1,а).

В Autodesk Revit 2017 интерфейс менее удобен, т.к. необходимо научиться хорошо ориентироваться во вкладках верхнего меню и понимать, как расположены инструменты в них (рис. 1,б).

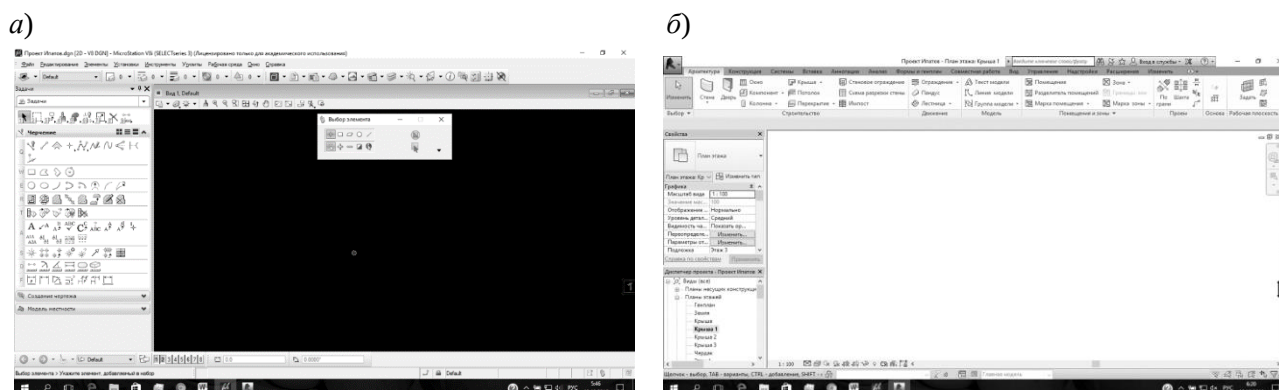


Рис. 1 Интерфейс программного обеспечения:
а – Bentley; б – Revit 2017

3. Простота изучения

При изучении функционала Bentley MicroStation могут возникнуть трудности, т.к. учебников, пособий и «гайдов» по ней на русском очень мало, и обучаться придется либо самому, либо у специалиста [2]. У авторов изучение основных функций данной программы заняло приблизительно 2 недели.

Изучение Autodesk Revit происходит намного проще, поскольку имеется значительное количество обучающих Интернет-ресурсов и книг, организация главного меню и функционал интуитивно понятны [3]. У авторов изучение основных функций данной программы занял 3 дня.

4. Распространённость, востребованность

Согласно маркетинговых исследований компании «Нанософт», в РФ на долю Autodesk Revit приходится 30-50% рынка в гражданском строительстве, при этом доля Bentley MicroStation ничтожно мала [4]. Работодатели в требованиях к вакансии зачастую указывают навык владения Autodesk Revit. Авторами были проанализированы вакансии инженеров в области строительства, размещенные на популярном ресурсе Head Hunter. Было установлено, что менее чем за месяц были опубликованы 31 вакансии, в которых к соискателю предъявляются требования о владении Autodesk Revit. По аналогичному запросу в требованиях на знание Bentley MicroStation не было найдено ни одной открытой вакансии, что говорит о локальности распространения в отрасли.

Таким образом, наибольшей популярностью у инженеров-проектировщиков пользуется Autodesk Revit, что вероятно связано со значительными усилиями компании-разработчика по продвижению продукта на рынке, оперативной технической поддержкой и скоростью реакции на пожелания пользователей по изменению в программе.

5. Доступность приобретения ПО

Рассматриваемые ПО являются коммерческим продуктом. Оба продукта распространяются с сетевыми лицензиями. Компания Autodesk предоставляет доступ к некоммерческим версиям продуктов и техническую поддержку через портал Autodesk Education Community. Стоимость лицензии Autodesk Revit 2017 зависит срока действия, количества рабочих мест, уровня поддержки, курса валют, и т.д. Рекомендуемая полная стоимость годовой однопользовательской лицензии составляет 77921 руб. за однопользовательскую лицензию и от 52596 руб., многопользовательской – 116881 руб. [5].

Также предлагается бесплатная пробная версия на 30 дней. Существуют гибкая система скидок до 30-50%. Стоимость лицензии Bentley MicroStation V8i составляет 5234\$ (приблизительно 326915 руб.) [6]. Бесплатные образовательные продукты отсутствуют. Предлагается бесплатная пробная версия на 30 дней.

Следовательно, Autodesk Revit 2017 имеет значительное конкурентное преимущество на территории РФ и обеспечивает себе потенциальных пользователей в молодежной среде, которые в ближайшее время выйдут на рынок труда.

В работе проведен сравнительный анализ двух программных продуктов, базирующихся на BIM-технологиях, по 5 критериям, сформулированным авторами. Autodesk Revit 2017 наиболее полно закрывает потребности инженеров-проектировщиков по части функционала программы. Но имеет сложноорганизованный интерфейс и огромное число удобных инструментов и команд. Компания Autodesk имеет более развитую дистрибьютерскую сеть и обладает значительными мощностями для технической поддержки и обучения пользователей.

Bentley MicroStation V8i не обладает вышеуказанными преимуществами, но имеет интуитивно понятный и простой в использовании интерфейс. Разработчики позиционируют систему, как универсальную среду для проектирования и именно поэтому в программе практически отсутствуют адаптированные под инженера-строителя инструменты.

Выводы. По мнению авторов, большинство проектировщиков строительных объектов предпочитают ПО Autodesk Revit за удобство пользования, ориентированность на проектировщика строительной отрасли и адекватную цену. Ситуация на рынке ПО в ближайшее время не изменится.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Грахов В.П., Мохначев С.А., Иштряков А.Х. Развитие систем BIM-проектирования как элемент конкурентоспособности // Вестник МГСУ. – 2016. – № 2. -С. 126-134.
2. Кутин Д.А., Погонин С.Ю., Самсонова В.М., Никонова О.Г., Михаленко Е.Б. Визуализация результатов обработки топографической съемки электронным тахеометром pentax w-825nx в среде civil 3d // Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт, 2015. С. 176-178.
3. Миков К.С., Харсеев А.Е., Чургулия Д.Т., Никонова О.Г., Михаленко Е.Б. Использование электронного тахеометра Sokkia CX 105 для 3D-визуализации территории // Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт, 2015. С. 208-210.
4. Нанософт Анализ текущей ситуации на российском BIM-рынке в области гражданского строительства [Электронный ресурс] // URL: <https://habrahabr.ru/company/nanosoft/blog/276587> (Дата обращения: 14.10.16).
5. Рекомендуемые розничные цены (подписка на 1 год) [Электронный ресурс]// URL: <http://adsk-forms.ru/price> (Дата обращения: 14.10.16).
6. Bentley [электронный ресурс] // URL: <https://store.bentley.com/en/products/11442-MicroStation>.

УДК 631.4

М.К. Захарова, Г.А. Касаткина
Санкт-Петербургский государственный университет

ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ТИХВИНСКОМ ЛЕСОПИТОМНИКЕ НА СТОСТОЯНИЕ СЕЯНЦЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД

В настоящее время в городах с многочисленным населением, плотной жилой, промышленной и общественной застройкой, густой сетью автомобильных дорог наблюдается ухудшение состояния окружающей среды: запыленность, высокая концентрация токсичных

выбросов, повышение уровня шума. В решении задач улучшения внешней среды городов большую роль играют зеленые насаждения. Они играют важную архитектурную и композиционную роль в ландшафте современного города, смягчают суровость архитектуры; снижая скорость ветра, уровень шума, увлажняя и очищая воздух, регулируя температуру воздуха, очищая воздух, создают комфортные условия для труда и отдыха [1].

Основным материалом для зеленого строительства являются деревья и кустарники, в том числе хвойные – ель и сосна. Хвойные породы более эффективны в очистке воздуха от пыли, чем лиственные. Кроме того, хвойные насаждения не теряют своих пылезащитных свойств, круглый год [2]. В настоящее время все сильнее возрастает потребность в качественном посадочном материале для озеленения улиц, парков, промышленной зоны и др. От качества такого материала зависит приживаемость и рост растения, разрастание кроны, зимостойкость, устойчивость к болезням и вредителям и, как следствие, - эффективность выполнения растением своих экологических функций. Лес является важнейшим фактором в экологическом равновесии биосферы. Под действием антропогенной нагрузки разрушаются естественные экосистемы, сокращают свою численность и исчезают отдельные виды растений и животных. Вырубка леса вызывает тревогу за его сохранность. Успешность искусственного лесовосстановления также определяется качеством посадочного материала.

Совсем недавно в Ленинградской области находилось 16 крупных лесопитомников, а в настоящее время всего - 7. Один из семи - это Лесопитомник Тихвинского лесничества, где выращивается посадочный материал для проведения лесокультурных работ на территории лесничества и за его пределами. Кроме того, выращиваются деревья и кустарники для озеленения города и района [3]. Оценка общего состояния почв и состояния молодых деревьев представляет научный интерес с точки зрения развития подроста и динамики развития всего растительного сообщества. Изучая состояние посадок ели и сосны 1, 2 и 3 года мы сможем оценить перспективы их развития в растительных сообществах и их способность выполнять свои экологические функции в составе городских фитоценозов.

Цель исследования - провести анализ влияния почв и почвенного покрова Тихвинского лесопитомника на состояние посадок хвойных пород 1, 2 и 3 года.

Задачи исследования: 1) составить почвенную карту и дать анализ почв и почвенного покрова; 2) исследовать физико-химические свойства почв для оценки экологического состояния территории; 3) дать оценку хозяйственной деятельности на территории лесопитомника и разработать рекомендации по ее улучшению.

Методы исследования: 1) картографический (анализ почвенного покрова); ботанический (оценка состояния растительности); физико-химический (оценка общего состояния территории).

Тихвинский лесопитомник расположен на юго-востоке Ленинградской области. Территория относится к ландшафту озерно-ледниковых песчаных равнин и характеризуется слабоволнистой поверхностью. Почвообразующие породы: песчаные отложения - тонкозернистые пески и супеси, двух- и трехчленные породы и моренные суглинки [4]. Район исследования занимает промежуточное положение между средней и южной тайгой. Лесопитомник специализируется на выращивании семян ели и сосны, естественная растительность сведена. По границам полей расположены лесополосы из березы, лиственницы, акации. Площадь питомника составляет 27 га.

Авторами были составлены карта рельефа и почвенная карта (рис. 1) в масштабе 1:2000 [5, 6]. Анализ карты показал, что территория питомника относится к слаборасчлененной равнине. Относительные превышения составляют 5-7 м. Склоны восточной экспозиции более крутые, западной – пологие. К верхним частям небольших повышений приурочены двух- и трехчленные отложения (песок-суглинок-песок). На склонах восточной экспозиции

они сменяются суглинистыми породами, на склонах западной экспозиции – супесчаными, которые в нижней части склонов переходят в суглинистые.

На территории лесопитомника преобладают альфегумусовые почвы, преобразованные человеком: агроденово-подзолы иллювиально-железистые супесчаные, агрозо́мы альфегумусовые супесчаные, агрозо́мы светлые, агростратозёмы супесчаные на погребённых почвах (торфяно-подзол глеевый), агроабразёмы супесчаные глеевые.

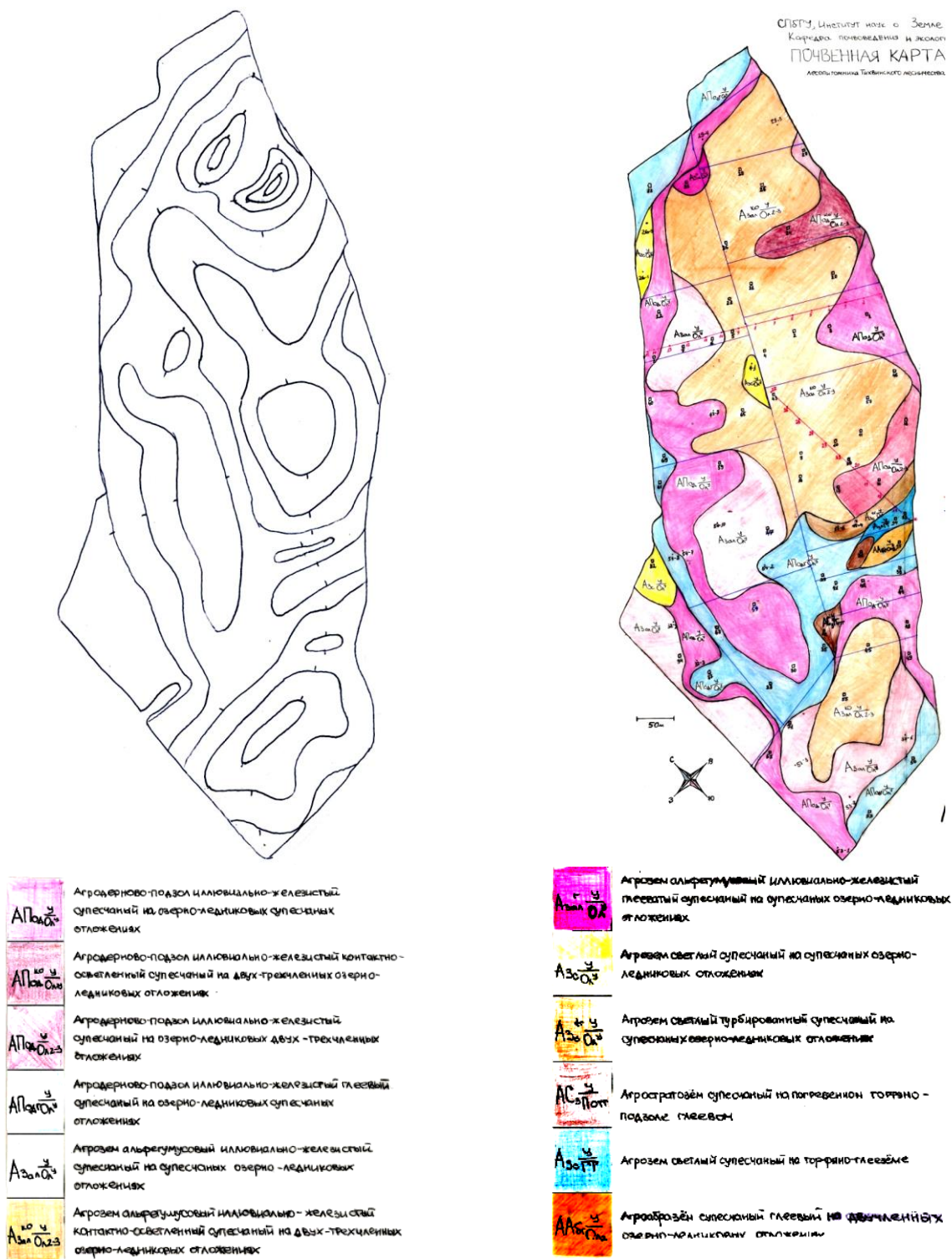


Рис. 1. Карта рельефа и почвенная карта Тихвинского лесопитомника

На повышенных формах рельефа, приуроченных к двух- и трехчленным отложениям, находятся агрозёмы контактно-осветленные, на склоновых позициях располагаются агродерново-подзолы. В нижних частях склонов формируются агрозёмы стратифицированные, агростратозёмы, агрозёмы светлые и агрообразёмы. Почвы нижних частей склонов имеют признаки глееватости. Остальные почвы занимают незначительные площади и приурочены к нижним частям склонов, и их образование тесно связано со стратификацией природного материала [7, 8]. На территории питомника среди посадок одного года нами были выявлены участки хорошего произрастания сеянцев (рис. 2,*а*) и участки с сеянцами в угнетенном состоянии (рис. 2,*б*). Отличительными особенностями первых являлась высокая всхожесть и густота посевов, большая высота, большее число боковых побегов, более насыщенный цвет хвои. Вторые отличались очень разреженной всхожестью, небольшой высотой растения, потемневшим цветом хвои и иногда не имели боковых побегов.



Рис. 2. Фото сеянцев хорошего (*а*) и плохого (*б*) произрастания

Чтобы получить максимальное количество качественного посадочного материала для целей лесовозобновления и озеленения городских территорий, необходимо создать оптимальные условия для произрастания сеянцев на всех участках питомника. В целом, почвы территории исследования характеризуются значениями реакции среды в кислом диапазоне (слабокислые, кислые, сильнокислые), что соответствует требованиям выращиваемых культур. На момент проведения наших исследований поверхность некоторых участков заросла мхами. Данные участки требуют обработки почв от сорняков и последующего внесения извести.

По содержанию органического вещества почвы питомника различаются достаточно сильно (от малообеспеченных до хорошо обеспеченных). На поверхности почвы удобрения в виде торфа и опилок распределены неравномерно. Нами было замечено, что на территориях с большими запасами органического вещества сеянцы отличаются лучшими показателями жизнеспособности, на участках с меньшими запасами – чувствуют себя хуже. Такие участки требуют дополнительных вложений труда по обработке почвы, а также - внесения органических и минеральных удобрений.

На большей части территории лесопитомника наблюдается явление сильной ветровой эрозии. Особенно сильно оно проявляется в южной части питомника, где отсутствуют защитные полосы между полями. Песчаные массы поднимаются ветром с одних полей и переносятся на другие. Данное явление неблагоприятно сказывается на состоянии посадок. Сеянцы первого года могут быть вовсе прикрыты песчаным наносом. Образующийся слой мешает проникновению воды и воздуха к корням растений, тем самым нарушая водный и воздушный режимы почв.

Молодые деревья, на первых годах жизни чувствительны к показателю плотности сложения почвы, особенно в области корнеобитаемого слоя. Давление крупной сельскохозяйственной техники приводит к уплотнению верхних горизонтов, следственно

нарушается структура гумусового горизонта и трансформируются процессы минерального питания, теплового, газового и обменного режимов почв, а также может наблюдаться угнетение микробиологического сообщества.

Выводы. На территориях, подверженных явлению ветровой эрозии, настоятельно рекомендуется добавить защитные насаждения на пути движения ветра. Для создания благоприятного водного и воздушного режимов поверхностного слоя почвы рекомендуется проводить дополнительное рыхление переуплотненных участков. Требуют известкования участки, покрытые сорной растительностью и мхами. Наряду с внесением минеральных удобрений рекомендуется вносить и органические не только в виде торфа и опилок, но и в виде навоза. Это благоприятно скажется на состоянии семян, обеспечит их достаточным количеством элементов питания. Рекомендуется вносить органические удобрения в большем объеме и распределять их по поверхности равномерно, а не в виде очаговых пятен.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шитова Л.К., Волкова Ю.В. Проблема озеленения застраиваемых территорий г. Санкт-Петербурга (на примере Приморского района) // XLI Неделя науки СПбГПУ, Материалы НПК с международным участием. СПб.: Изд-во Политехн.ун-та. 2012. С. 352-353.
2. «Растения для городского озеленения» <http://www.zgorod-nn.ru>.
3. Буклет «Лесопитомник» к 50-летию Тихвинского лесного питомника, Тихвин, 2013 г, 43 с
4. Пестряков В.К. (ред.) Почвы ленинградской области. Лениздат, 1973. 344 с.
5. Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А. Картография почв. Издательский дом СПбГУ, 2004. 84 с.
6. Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А. Почвенное картирование. Издательский дом СПбГУ, 2012. 128 с.
7. Шишов Л.Л. и др. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
8. Апарин Б.Ф. (под. ред.) Почвоведение. М.: Академия, 2012. 256 с.

УДК 631.4

Е.В. Фомина¹, Г.А. Касаткина¹, В.В. Терлеев²

¹Санкт-Петербургский государственный университет

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВООБРАЗУЮЩЕЙ ПОРОДЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ СЕЛЬГОВОГО ЛАНДШАФТА КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА

В работе рассматривается уникальный природный комплекс на Севере Карельского перешейка. Своеобразные условия почвообразования и тип почвообразующей породы определяют специфические свойства подбуров. Минералогический и химический составы почвообразующих пород играют важную роль в генезисе почв. Поэтому выявление генетических особенностей почв, сформированных в одинаковых условиях, но развитых на породах разного минералогического состава, является актуальным. Новизна данной работы связана с тем, что на исследуемой территории подробной сравнительной характеристики химического состава минералогической составляющей пород и почв не проводилось.

Карельский перешеек является своеобразным районом Северо-Запада Европейской части РФ. Его приморское положение, сильнопересеченный ледниковый рельеф, преобладание в составе почвообразующих наносов легких, хорошо водопроницаемых и в то же время слабо выветренных пород, господство среди растительности светлых сосновых лесов создают здесь несколько особые условия почвообразования по сравнению с типично таежными и континентальными. Это выражается в слабом и своеобразном проявлении на большей части Карельского перешейка процесса подзолообразования, образуются ожелезненные почвы с повышенным, содержанием гумуса. На начальных этапах

почвообразования, почва полностью наследует минералогический состав почвообразующей породы. Затем в результате развития почвенного профиля происходит дифференциация минералогического состава почв. По изменениям в распределении и составе минералов можно судить о генезисе минералов и почвы в целом [1]. Процессы профильного изменения минералогического состава тонко- и крупнодисперсных фракций почв [2] классифицируются следующим образом: 1) синтез глинистых минералов; 2) трансформационные изменения слоистых силикатов тонко- и крупнодисперсной фракции почв; 3) разрушение глинистых минералов; 4) перемещение и изменение физического состояния глинистого материала.

При внутрипочвенном выветривании первичных минералов в подбурах и подзолах Al-Fe-гумусовых различных природных зон в шлифах было обнаружено интенсивное изменение первичных минералов, выражающееся в обесцвечивании, измельчении и превращении полевых шпатов в белесоватые агрегаты, состоящие из смеси слюдоподобного материала и изотропных грязно-белых частиц неизвестного состава, полное растворение некоторых зерен. Биотит и хлорит измельчались и обесцвечивались, пироксены, по-видимому, полностью растворялись, зерна кварца подвергались коррозии. При этом максимальное изменение материала приурочено в подбурах к верхним наиболее кислым горизонтам [3].

Основные объекты исследования – два разреза, заложенные в пределах Приладожского и Выборгского районов Карельского перешейка на вершинах сельг (рис.1, *а,б*): разрез 1 – подбур иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой гранита рапакиви (рис. 1,*а*); разрез 2 - подбур глееватый иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой микроклинового гранита с признаками гнейсовидности (рис. 1, *б*). Вершины сельг сложены легким по гранулометрическому составу материалом и почвы здесь получают влагу только с атмосферными осадками. Это наиболее сухие участки ландшафта, т.к. вода быстро уходит вниз по склону, увлекая за собой продукты выветривания, и просачивается вглубь трещиноватой гранитной толщи. Некоторое количество воды может сохраняться лишь в органогенных горизонтах. В условиях автоморфного рельефа на песчаной щебнистой или завалуненной толще, образуются почвы альфегумусового отдела с элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля, т.е. происходит миграция глинистых частиц, полуторных оксидов и гумусовых веществ с накоплением и осаждением их в средней части профиля, и образованием характерного, окрашенного кофейными и охристыми тонами профиля. Именно в таких условиях образуются подбуры с мощными подстилками и торфяными горизонтами.

Цель работы - исследование влияния минералогического состава почвообразующей породы на свойства подбуров Карельского перешейка

Задачи исследования:

- 1) морфолого-генетическая и аналитическая характеристика почв;
- 2) провести анализ морфологических свойств минералов, выявить трансформационные изменения в минералах пород и почв Карельского перешейка;
- 3) диагностировать главные, акцессорные и второстепенные минералы в почвообразующих породах и почвах;
- 4) выявить различия химического состава главных, акцессорных и вторичных минералов под влиянием процессов почвообразования;
- 5) обосновать связь химического состава почв с химическим составом минералов.

Методы исследования: почвенные исследования по общепринятым методикам [3]; метод электронной микроскопии с микроанализатором; метод рентгенофазового анализа; метод оптической микроскопии.

Результаты исследования:

1. Подбуры характеризуются малой мощностью, каменистостью и слабой морфологической дифференциацией профиля, имеют кислую реакцию всей толщи, высокую

гидролитическую и обменную кислотности, что свидетельствует об интенсивном промывании почвенного профиля, выносе оснований и существовании дефицита их подвижных и растворимых форм в верхней и средней частях профиля. В почвах преобладают фракции крупной пыли и песка. Наблюдается увеличение доли пылевато-глинистых фракций вниз по профилю. В почве, сформированной на элювии микроклиновых гранитов, доля пылевато-глинистой фракции выше. Почвы характеризуются высоким содержанием гумуса по всему профилю с максимумом в верхних горизонтах. Гумус - грубый с преобладанием фульватного типа. Подбур, сформированный на элювии гранита рапакиви, характеризуется более фульватным типом гумуса. Доля фульвокислот, связанных с кальцием, в подбуре, сформированном на элювии микроклиновых гранитов, выше. Для исследованных подбуров характерны высокие значения валового железа. Комплексный анализ почв показал, что разрез 1 по всем признакам соответствует подбурю иллювиально-гумусовому песчаному, а разрез 2 - подбурю глееватому иллювиально-гумусовому песчаному.

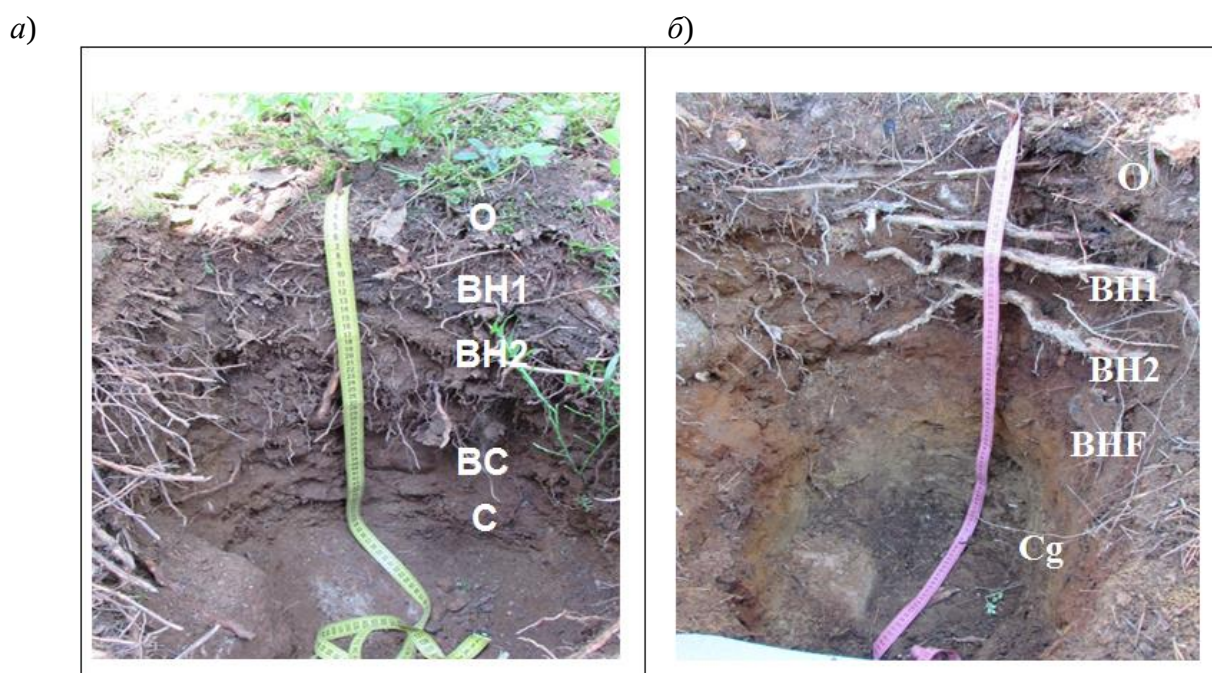


Рис. 1. Фото почвенных разрезов: *а* - подбур иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой гранита рапакиви; *б* - подбур глееватый иллювиально-гумусовый песчаный на элювии, подстилаемом плитой микроклинового гранита с признаками гнейсовидности

2. Почвообразующие породы характеризуются одинаковым набором первичных и вторичных минералов: кварц, полевые шпаты, минералы группы биотита, амфиболы. Различия заключаются в том, что граниты рапакиви - крупнозернистые и трещиноватые породы, микроклиновые граниты являются мелкозернистыми и монолитными. В микроклиновых гранитах доля калиевых полевых шпатов, биотитов и амфиболов выше.

3. В результате процессов выветривания и почвообразования в минералах в пределах почвенного профиля наблюдаются различные трансформационные изменения:

Кварц - трещиноват и корродирован; полевые шпаты - трещиноваты, корродированы, пелитизированы и серицитизированы; биотиты - трещиноваты, корродированы, наблюдаются проявления изоморфизма (при разрушении биотиты теряют ионы калия, магния и железа); роговые обманки - трещиноваты, корродированы, наблюдаются проявления изоморфизма (при разрушении роговые обманки теряют ионы кальция, магния и железа).

4. Преобладание кальциевых амфиболов в подбурях, сформированных на элювии микроклиновых гранитов, приводит к обогащению почвенного профиля кальцием при выветривании этих минералов и отражается на увеличении доли кальция в валовом химическом составе почв и на увеличении второй фракции гуминовых кислот.

Выводы. В целом процесс почвообразования и выветривания возрастает в подбурях, сформированных на микроклиновых гранитах, что связано с мелкозернистостью этих гранитов и с увеличением содержания в них слоистых минералов. Это отражается на повышении содержания доли смешаннослойных минералов в минеральном составе почв, пылевато-глинистых фракций в гранулометрическом составе, на обогащении почвенного профиля калием, магнием и кальцием и на увеличении в составе гумуса второй фракции гуминовых кислот. Почвы, сформированные на гранитах рапакиви, обогащены железом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Горбунов Н.И. Минералогия и коллоидная химия почв. М.: Наука, 1974.
2. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Глинистые минералы в почвах. Тула: Гриф и К., 2005.
3. Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях (на массивно-кристаллических и песчаных полимиктовых породах). М.: Наука, 1971.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1961.

УДК 631.41

Е.С. Шамарина, Н.Н. Федорова
Санкт-Петербургский государственный университет

ВЛИЯНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

В настоящее время загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами достигает значительных масштабов и считается одним из самых распространённых и опасных видов загрязнений. Данные поллютанты вызывают существенные изменения химических, физических, биологических и других показателей почв и почвенного покрова, нарушают морфологию и жизнедеятельность почвообитающих организмов. Устойчивость почв к таким загрязнениям в целом невысока.

Как правило, исследования посвящены оценке изменения химических или биологических свойств загрязнённых нефтепродуктами почв, что важно для оценки плодородия или экологических аспектов. Физическим характеристикам почвы, и особенно ее гидрофизическим свойствам, уделяется сравнительно меньше внимания. Возможно, это связано со сложностью интерпретации получаемых данных [1].

Обычно изучается влияние нефти на свойства почв, нефтепродуктам уделяется гораздо меньше внимания, несмотря на то что, например, дизельное топливо широко используется многими видами транспорта: железнодорожным, водным, автотранспортом, агротехникой. Последнее особенно важно, поскольку может приводить к загрязнениям почв сельскохозяйственных угодий.

Цель данной работы состоит в изучении изменений гидрофизических свойств почв разного гранулометрического состава под влиянием загрязнения дизельным топливом в естественных и лабораторных условиях. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: дать сравнительную характеристику гидрофизических свойств почв разного гранулометрического состава, изучить их изменения и выявить влияние дизельного топлива на данные свойства.

Объекты и методы. Объектами исследования служили почвы: дерново-мелкоподзолистая легкосуглинистая на морене и торфяно-подзол-элювозем глеевый

потечно-гумусовый супесчаный на двучлене. Для проведения натурного эксперимента в непосредственной близости от места контрольных разрезов были заложены экспериментальные площадки 25х25 см, на которых проводилось искусственное загрязнение почв с поверхности дизельным топливом в концентрации 16 л/м². Срок загрязнения составил два месяца, после чего с площадок были отобраны образцы.

Уровень и глубина загрязнения почвы дизельным топливом оценивалась по содержанию углерода, определённого методом Тюрина. В лабораторном опыте имитировалось загрязнение дизельным топливом в концентрации 5% и 15% от массы, то есть в количестве, приближённом к результатам натурного эксперимента. В образцы почвы, просеянные через сито в 1 мм, увлажнённые до 60% от полной влагоёмкости, по весу вносилось дизельное топливо. Образцы выдерживались при комнатной температуре и постоянной влажности один месяц, после чего исследовались.

Изучение гидрофизических свойств почв проводилось общепринятыми методами [2].

Исследованы изменения гидрофизических свойств супесчаной и легкосуглинистой почв, характерных для подзоны южной тайги, в результате загрязнения дизельным топливом. Было выяснено, что дизельное топливо оказывает неодинаковое воздействие на изменения гидрофизических свойств почв разного гранулометрического состава. Основная тенденция изменений – снижение величин всех гидрофизических показателей. Наиболее контрастные изменения прослеживаются в почве лёгкого гранулометрического состава. Повышение концентрации загрязнителя от 5% до 15% от массы почвы, как правило, приводит к уменьшению значений изученных показателей. Наименее заметные изменения в основном наблюдаются в образцах, загрязнённых в натурном эксперименте, что связано с различием внешних условий и состояния микробиоценоза почв.

При загрязнении дизельным топливом влажность монослоя (ВМ) снижается (табл. 1). Наиболее резко – в супесчаных горизонтах, особенно - в варианте с 15% загрязнением. Снижение данного показателя свидетельствует об уменьшении мономолекулярного слоя воды и сокращении гидрофильной поверхности твердой фазы, что подтверждают данные [3] о гидрофобизации почвы, загрязнённой нефтепродуктами.

Результаты, полученные при изучении максимальной гигроскопичности (МГ), разительно отличаются от литературных данных (табл. 1). В исследованиях 2002 [3] и 2009 [4] годов отмечалось уменьшение влажности всех категорий при загрязнении почв нефтью. Под влиянием загрязнения дизельным топливом МГ возрастает, причём увеличение концентрации поллютанта закономерно приводит к большему росту данного показателя. В этом случае появляются новые тенденции. Наиболее подвержены трансформации образцы варианта с 15% загрязнением и образцы супесчаного гранулометрического состава. Само же возрастание максимальной гигроскопичности, возможно, связано с тем, что почвенная влага представляет собой не единый слой молекул, а полимолекулярную водную плёнку. На гидрофобных почвенных частицах могут создаваться условия для формирования гроздьев молекул воды, к тому же капли поллютанта, выполняющие роль клеящего субстрата, могут приводить к качественной трансформации поверхности твердой фазы почвы.

Выявлен сложный и неоднозначный характер изменения величины капиллярной влагоёмкости (КВ): при более высоких концентрациях загрязнения наблюдаются менее контрастные изменения данного показателя, что, вероятно, связано с влиянием дизельного топлива на агрегатное состояние и порозность изученных почв (табл. 1). Основное отличие КВ заключается в том, что подъём воды в капиллярах является следствием многофазного взаимодействия жидкой, твёрдой и газовой составляющих. Следовательно, этот показатель во многом зависит не только от сил капиллярного поднятия, которые, исходя из результатов, снижаются при внесении дизельного топлива, но и от строения порового пространства почвы.

По полученным данным были рассчитаны значения общей порозности (рис. 1). Заметно, что при загрязнении дизельным топливом происходит сокращение порового пространства, однако, эти изменения имеют сложный характер. При 5% загрязнении наблюдается резкое уменьшение количества пор, что можно связать с возможным заполнением поллютантом трещин и пор. Однако при 15% загрязнении поровое пространство снижается незначительно, то есть, количественно практически не меняется. В этом случае можно предположить, что дизельное топливо выступает в качестве структурообразователя, способствующего формированию нового порового пространства. Изменение порового пространства под влиянием загрязнения нефтью было подтверждено исследованиями, проведёнными в Нигерии [5].

Таблица 1

Влияние дизельного топлива на некоторые гидрофизические свойства дерново-мелкоподзолистей почвы и торфяно-подзол-элювозёма, %

Образец	ВМ	МГ	КВ
Дерново-мелкоподзолистая			
AYe	1,12	6,09	25,76
AYe дт	1,01	7,69	12,38
AYe 15%	0,90	9,28	13,39
AYe 5%	0,98	6,32	10,93
AEL	1,07	5,87	20,85
AEL дт	0,86	6,88	12,80
AEL 15%	0,66	9,18	15,22
AEL 5%	0,77	7,22	12,29
Торфяно-подзол-элювозём			
Ehi	0,72	3,71	22,51
Ehi 15%	0,39	8,74	9,82
Ehi 5%	0,56	6,92	7,95
E	0,18	2,36	17,62
E 15%	0,03	7,90	9,36
E 5%	0,06	6,26	7,75
Ehi	0,72	3,71	22,51

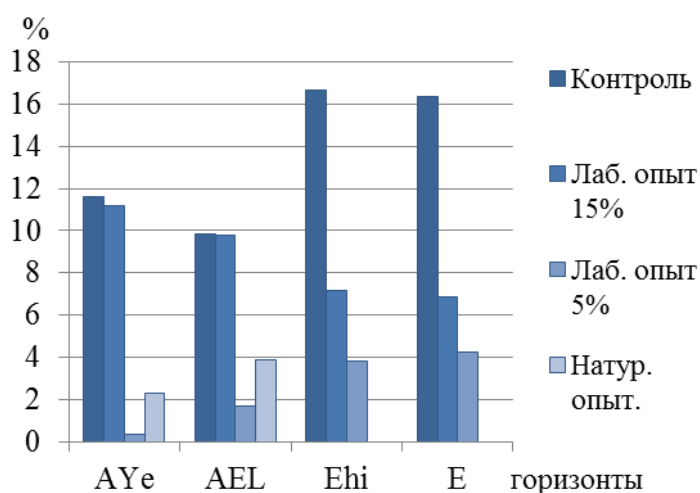


Рис. 1. Изменение общей порозности почвы под влиянием загрязнения дизельным топливом, %

В дополнение к представленным выше гидрофизическим показателям определялась смачиваемость загрязнённых почв. Смачиваемость оценивалась по скорости впитывания почвой капли воды. Условно образцы были разделены на сильносмачиваемые (капля впитывалась меньше, чем за секунду), слабосмачиваемые (капля впитывалась в течение суток) и несмачиваемые (для впитывания капли требовались сутки и более). Опыт показал, что чистые почвы относятся к сильносмачиваемым, а все образцы с 5% загрязнением оказались слабосмачиваемыми. У оставшихся образцов на впитывание капли ушло очень много времени (больше суток), поэтому они были отнесены к условно несмачиваемым. Таким образом, загрязнение дизельным топливом приводит к резкому, критическому снижению смачиваемости почв. По сути, почва не смачивается, не взаимодействует с водой, т.е. становится гидрофобной.

Выводы. Загрязнение дизельным топливом вызывает существенные ухудшения гидрофизических характеристик, особенно в почве легкого гранулометрического состава, а также приводит к изменению поверхности твердой фазы, нарушению структуры и строения почвенных частиц, изменению агрегатного состояния и характера порозности, уменьшению содержания продуктивной влаги и сопровождается резким повышением гидрофобности и снижением смачиваемости.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Терлеев В.В., Mirschel W., Баденко В.Л., Гусева И.Ю., Гурин П.Д. Физико-статистическая интерпретация параметров функции водоудерживающей способности почвы // *Агрофизика*. 2012. №4(8). С. 1-8.
2. Растворова О. Г. Физика почв (Практическое руководство). Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. 196 с.
3. Гилязов М.Ю. Изменение некоторых агрофизических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении товарной нефтью в условиях Татарстана // *Почвоведение*. 2002. №12. С. 1515-1519.
4. Коновалова Е.В. Влияние цеолитов и фитомелиоранта на агроэкологические показатели нефтезагрязненных почв в криоаридных условиях забайкалья. автореф. дис. канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2009. 149 с.
5. Ewetola E. Abosede. Effect of Crude Oil Pollution on some Soil Physical Properties // *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* e-ISSN: 2319-2380, p-ISSN: 2319-2372. Vol. 6, Issue 3 (Nov.-Dec. 2013). PP. 14-17.

УДК 579.64

К.Г. Неупокоева, А.В. Абрамова
Алтайский государственный университет

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ АЗОТФИКСАЦИИ КЛУБЕНЬКОВЫМИ ТКАНЯМИ КОРНЕЙ БОБОВЫХ КУЛЬТУР

Биологическая фиксация атмосферного азота клубеньковыми бактериями в симбиозе с корневой системой бобовых растений – уникальный механизм и естественный источник минеральных соединений азота – важнейшего питательного вещества сельскохозяйственных культур. Сущность процесса азотфиксации заключается в восстановлении молекулы азота и включения её в состав своей биомассы прокариотными микроорганизмами.

Разработка и экспериментальная проверка модели симбиотической фиксации азота клубеньковыми тканями корней бобовых культур смогла бы обеспечить сельхозпроизводителей инструментом регулирования содержания азота в почве с целью повышения урожайности и сокращения вредных воздействий на окружающую среду.

Симбиотическая фиксация азота атмосферы клубеньковыми тканями корней бобовых растений имеет большое значение для поддержания азотного баланса в почвах. При этом плодородие почвы, ее азотный фонд определяются, главным образом, не учитываемым активным органическим веществом: тонкими живыми и отмершими корнями, опадом, клубеньками, высокообогащенными углеродом и азотом. Фиксированный клубеньковыми бактериями атмосферный азот поступает в почву с растительными остатками бобовых. После их разложения этот азот закрепляется в почве преимущественно в составе гуминовых кислот. Он мало подвержен нитрификации, поэтому, в отличие от азота минеральных удобрений, не загрязняет почву и водоисточники. В различных условиях симбиотическая фиксация позволяет повысить содержание азота в почве на 50-300 кг/га в год. При современной агротехнической практике не более 50% вносимых азотных удобрений поступает в культурные растения, остальная часть вымывается в подпочвенные слои или в форме оксидов возвращается в атмосферу. Обе эти утечки несут с собой тем более серьезную угрозу окружающей среде, чем выше применяемые дозы азотных удобрений. При

симбиотической азотфиксации растение обеспечивается связанной формой азота без какого-либо нарушения свойств грунтовых вод, почвы и атмосферы.

Цель и задачи работы. Авторами был проведен литературный анализ имеющихся подходов к моделированию азотфиксации [1, 2]. Выяснилось, что в большинстве моделей используются алгоритмы, позволяющие отразить полезность азотфиксации только для самого бобового растения. Чаще всего – это просто учет того факта, что часть необходимых для роста бобовых первичных азотных ассимилятов может быть обеспечена азотфиксацией. Но при таком подходе не отразить последствие азотфиксации для последующей культуры севооборота. Наша задача – создать максимально простую модель, в рамках которой можно было бы отразить оба этих аспекта.

В качестве программного обеспечения для реализации модели была выбрана специализированная среда имитационного моделирования AnyLogic с использованием методов системной динамики. Прирост биомассы побега, корней, клубеньков и динамику почвенного азота описывают следующие четыре основных уравнения:

$$\begin{aligned}\frac{\partial B_{st}}{\partial t} &= \min\left(\frac{C_{phot}}{f_C}; \frac{N_{uptake} + N_{fix}}{f_N}\right) u_s, \\ \frac{\partial B_{rt}}{\partial t} &= \min\left(\frac{C_{phot}}{f_C}; \frac{N_{uptake} + N_{fix}}{f_N}\right) (1 - u_s) u_r, \\ \frac{\partial B_{nod}}{\partial t} &= \min\left(\frac{C_{phot}}{f_C}; \frac{N_{uptake} + N_{fix}}{f_N}\right) (1 - u_s)(1 - u_r) - B_{dc}, \\ \frac{\partial N_{soil}}{\partial t} &= -N_{uptake} + N_{dc},\end{aligned}$$

где TGR – общий потенциальный прирост биомассы растения при текущих ресурсах углерода и азота; B_{st} – биомасса побега; B_{rt} – биомасса корней; B_{nod} – биомасса клубеньков; B_{dc} – величина распада биомассы клубеньков; C_{phot} – количество углерода, полученное в процессе фотосинтеза; N_{soil} – концентрация почвенного азота; N_{up} – количество азота, полученное из почвы; N_{fix} – количество азота, полученное путём азотфиксации; N_{dc} – количество азота, полученное в результате распада биомассы клубеньков; f_C и f_N – параметры, равные доле содержания углерода и азота в структурной биомассе растения соответственно; u_s , u_r – доля общего ресурса роста, направляемая на рост побега (корней).

Для моделирования процесса фотосинтеза была использована простейшая линейная модель. Интенсивность аккумуляции листьями углерода полагается пропорциональной биомассе побега. Таким образом, количество углерода, полученное в процессе фотосинтеза, равно:

$$C_{phot} = \sigma_C B_{st} R,$$

где σ_C – условный параметр, равный удельному фотосинтезу единицы биомассы побега, B_{st} – биомасса побега, R – внешняя переменная, позволяющая учесть изменение приходящей солнечной радиации. Интенсивность поглощения корнями азота также полагается пропорциональной биомассе корней. Количество азота, полученное из почвы, равно:

$$N_{up} = \sigma_N B_{rt} N_{soil},$$

где σ_N – удельная скорость поглощения азота из почвы, B_{rt} – биомасса корней растения, N_{soil} – переменная, позволяющая учесть постепенное истощение запасов азота в почве.

Уравнения, описывающие процессы в клубеньках:

$$N_{fix} = K_{fix} B_{nod},$$

где K_{fix} – удельная фиксация азота единицей биомассы клубеньков, B_{nod} – биомасса клубеньков;

$$B_{dc} = K_{dc} B_{nod},$$

где K_{dc} – коэффициент распада клубеньков;

$$N_{dc} = f_N B_{dc}.$$

Фиксация азота происходит пропорционально биомассе клубеньков, аналогично фотосинтезу и поглощению азота корнями. Клубеньки отмирают с определенной интенсивностью, и их разложение пополняет запасы почвенного азота.

Общий запас азота и углерода, доступный для роста, распределяется между корнями и побегом в определённом соотношении: u_s – доля ресурсов для роста побега, $(1 - u_s)$ – доля роста корней и клубеньков равна. Величина u_s рассчитывается таким образом, что в каждый момент времени все доступные ресурсы направляются к тому единственному органу, рост которого наиболее важен, т.е. если на текущем шаге для полного израсходования всех запасов углерода и азота не достаточно азота, то для растения приоритетнее увеличивать биомассу корней или клубеньков. Пропорционально увеличится и количество поглощенного из почвы азота на следующем шаге. При недостатке углерода прирост биомассы побега позволит увеличить количество синтезированного углерода на следующем шаге. Таким образом, имеем:

$$u_s = \begin{cases} 0, & \frac{C_{phot}}{f_C} > \frac{N_{up} + N_{fix}}{f_N}, \\ 1, & \frac{C_{phot}}{f_C} < \frac{N_{up} + N_{fix}}{f_N}. \end{cases}$$

Аналогично распределяются ресурсы между корнями и клубеньками, т.е. в зависимости от того, куда оказывается более выгодна «инвестиция» роста (с точки зрения получения азотных ассимилятов на следующем шаге) – в биомассу поглощающих «внешний» азот корней или производящих «внутренний» азот клубеньков:

$$u_r = \begin{cases} 0, & \sigma_N N_{soil} < K_{fix}, \\ 1, & \sigma_N N_{soil} > K_{fix}. \end{cases}$$

Общий потенциальный прирост биомассы растения при текущих ресурсах углерода и азота (TGR) рассчитывается следующим образом:

$$TGR = \min\left(\frac{C_{phot}}{f_C}; \frac{N_{up} + N_{fix}}{f_N}\right),$$

Разработанная модель [3-6] была усложнена добавлением накопителей (пулов) запасных ресурсов азота (N_{pool}) и углерода (C_{pool}), что позволило уточнить такой нефизичный аспект, как потерю неиспользованных (оказавшихся в избытке, т.е. невостребованными) на текущем шаге первичных ассимилятов. В модели запас углерода пополняется с помощью фотосинтеза (C_{phot}), запас азота – путем поглощения почвенных азотных соединений корнями растения (N_{up}) и путём симбиотической азотфиксации (N_{fix}). Таким образом, запас углерода равен:

$$C_{pool} = C_{phot} - TGR \cdot f_C,$$

а запас азота, соответственно, равен:

$$N_{pool} = N_{up} + N_{fix} - TGR \cdot f_N,$$

где f_C и f_N – параметры, равные доле содержания углерода и азота в структурной биомассе растения соответственно; TGR – Total Growth Resource – динамическая переменная, показывающая общий потенциальный прирост биомассы растения при текущих ресурсах углерода и азота; слагаемые $TGR f_C$ и $TGR f_N$ показывают расход углерода и азота из запасов на рост растения.

Результаты и выводы. Исследования показали, что значительного влияния на результаты моделирования наличие пулов не оказало. Пулы оказывают незначительное буферное влияние на динамику системы и позволяют незначительно скорректировать в большую сторону темпы экспоненциального роста в установившемся режиме. В перспективе более реалистичные результаты могут быть получены при интеграции предложенной модели с модулем динамики содержания азота в корнеобитаемом слое почвы [7], а также с модулем динамики почвенной влаги, разработанным на основе адекватного описания гидрофизических свойств почвы [8-11].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хворова Л.А., Топаж А.Г., Абрамова А.В., Неупокоева К.Г. Подходы к описанию симбиотической азотфиксации: Часть 1. Анализ и выделение перечня факторов с оценкой их приоритетности // Известия АлтГУ. 2015. № 1/1. С. 187-191.
2. Хворова Л.А., Топаж А.Г., Абрамова А.В., Неупокоева К.Г. Подходы к описанию симбиотической азотфиксации: Часть 2. Анализ подходов к математическому моделированию процесса // Известия АлтГУ. 2015. № 1/1. С. 192-196.
3. Абрамова А.В., Неупокоева К.Г. О математическом моделировании симбиотической азотфиксации // Прикладная математика и фундаментальная информатика. 2015. №2. С. 95-101.
4. Топаж А.Г., Абрамова А.В., Неупокоева К.Г. Исследование симбиотической азотфиксации с помощью методов и инструментов многоподходного математического моделирования // Сб. трудов всеросс. конф. по математике. Барнаул, 2015. С. 195-198.
5. Неупокоева К.Г., Абрамова А.В. Моделирование процесса симбиотической фиксации азота в среде Anylogic // Труды молодых ученых. 2015. Вып. 12. Т. 1. С. 204-206.
6. Абрамова А.В., Неупокоева К.Г. Моделирование симбиотической азотфиксации: от системно-динамической к агентной модели // Прикладная математика и фундаментальная информатика. Омск, 2016. №3. С. 99-105.
7. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Компьютерная модель динамики содержания азота в корнеобитаемом слое почвы // Агрохимия. 2010. № 10. С. 68-74.
8. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
9. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
10. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «HYSTERESIS» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб. «Материалы научной сессии по итогам 2012 года». СПб.: АФИ, 2013. С. 161-166.
11. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. 2014. № 2 (14). С. 35-44.

УДК 581.6

Т.Г. Сысоева¹, Н.М. Ковалевская², Л.А. Хворова¹

¹Алтайский государственный университет

²Институт водных и экологических проблем

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛАНДШАФТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Проблемы анализа состояния растительности, оценки биологической продуктивности ландшафтов являются фундаментальными и прикладными научными проблемами в области природно-климатических изменений под воздействием глобальных и региональных климаторегулирующих и средообразующих факторов, решение которых направлено на

получение и применение новых знаний для охраны окружающей среды и рационального природопользования в условиях изменяющегося климата.

Данные направления являются одними из основных научных направлений фундаментальных исследований Института водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН. Задача анализа состояния растительности в Сибири и Арктике на основе индекса NDVI и данных спутника LANDSAT 8 возникла в рамках сотрудничества с лабораторией водных ресурсов и водопользования.

Арктика – один из четырех регионов мира, отнесенных к наиболее уязвимым по отношению к изменениям климата. Наиболее полные исследования по изменению в арктических сообществах под влиянием климата проведены для североамериканского сектора Арктики. Имеются отдельные публикации, позволяющие сделать вывод и о реакции тундровых экосистем России – «позеленение» тундр, например на полуострове Ямал.

Цель исследования - анализ состояния растительности и оценка биологической продуктивности ландшафтов на примере растительности Ямало-Ненецкого автономного округа, в частности - Гыданского полуострова.

Территория округа располагается в трех климатических зонах: арктической, субарктической и зоне северной полосы Западно-Сибирской низменности. Регион относится к районам Крайнего Севера, и более половины его территории расположено за Полярным кругом. Характерным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность. Знания о связи структуры и состояния растительности с ее спектрально отражательными способностями позволяют использовать аэрокосмические снимки для картографирования и идентификации типов растительности и их стрессового состояния.

Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию так называемых «индексных» изображений. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, называются вегетационными индексами.

Наиболее популярный и часто используемый индекс - *NDVI* (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный разностный индекс растительности, - количественный показатель величины фотосинтетически активной биомассы (обычно используется для количественной оценки растительного покрова и называется вегетационным индексом).

Индекс вычисляется по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где *NIR* – коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра; *RED* – коэффициент отражения в красной области спектра.

Отношения этих показателей позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов. Сбор спутниковых данных осуществлялся через портал EarthExplorer, разработанный специалистами геологической службы США. Тематическая обработка космоснимков и интерпретация полученных данных производилась в прикладном пакете SNAP (Sentinel Application Platform). Для каждого дня в пакете SNAP рассчитывается вегетационный индекс, определяются максимальные и минимальные значения индекса *NDVI*.

С помощью спутниковых данных можно осуществить комплексный мониторинг современных климатических и экосистемных изменений территорий, исследовать процессы установления и схода снежного покрова, сроки наступления и окончания вегетационного периода. Так, на основании полученных данных можно сделать вывод о том, что в 2015 г. снежный покров году сошел в двадцатых числах мая, а установился в десятых числах октября. Максимальное количество зеленой растительности наблюдалось в начале июля 2015 г (рис. 1). Подобные выводы можно сделать и по данным, полученным за 2014 г.:

снежный покров сошел в первых числах июня, а установился в начале октября; максимальное количество зеленой растительности наблюдалось на протяжении всего июля 2014 г. (рис. 1). По полученным данным так же видно, что в 2013 г. снежный покров сошел в конце мая – начале июня, а установился в начале октября; максимальное количество зеленой растительности наблюдалось в конце июля 2013 г. (рис. 1).

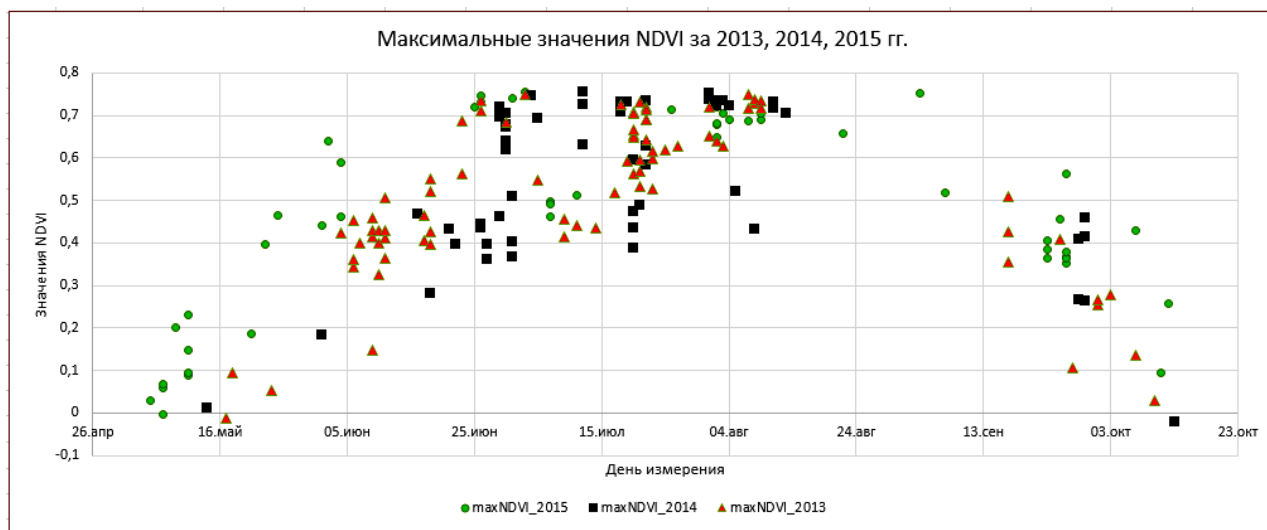


Рис. 1. Максимальные значения индекса *NDVI* за 2013-2015 гг.

По данным рис. 1 следует, что наблюдается рост продолжительности вегетационного периода: 2013 г. – с 16-18 мая по 10-12 октября; 2014 г. – с 10-14 мая по 9-11 октября; 2015 г. – с 5-7 мая по 13-15 октября.

Данный вывод может быть подтвержден сравнением средних температур воздуха и поверхности почвы территории за рассматриваемые годы (рис. 2, 3).

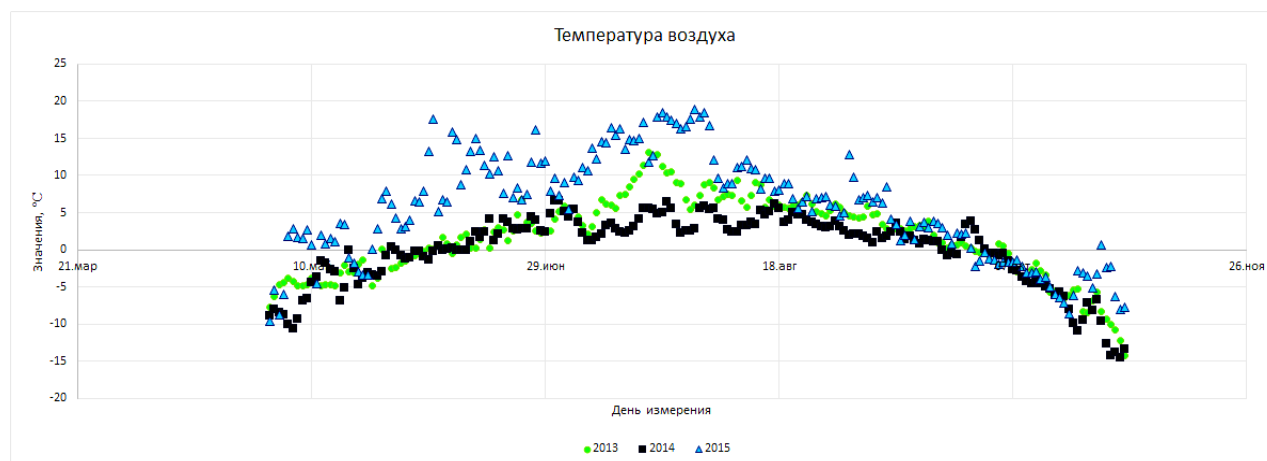


Рис. 2. Средние температуры воздуха за 2013-2015 гг.

Как следует из литературных источников [1, 2], в последние годы активно проводятся оценки движения границы леса на север, «позеленения» и «закустаривания» тундры и влияния этих процессов на биологическую продуктивность ландшафтов российской Арктики с использованием дистанционных методов зондирования Земли. Полученные результаты позволяют выявить перспективы их разномасштабных, разновременных и

разнонаправленных изменений в условиях синергизма действий меняющегося климата и расширяющейся хозяйственной деятельности. Экспертами установлено, что на современном этапе в Арктике наблюдаются одновременно как процесс роста продуктивности, который рассматривается как эффект синергизма действия потепления климата и хозяйственного освоения, так и ее снижения за счет антропогенной трансформации ландшафта.

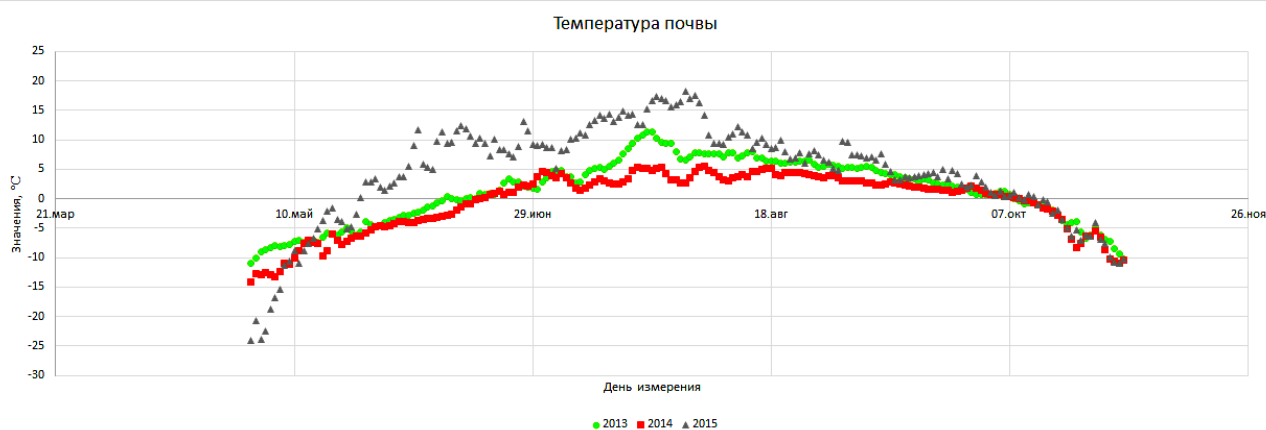


Рис. 3 Средние температуры поверхности почвы за 2013-2015 гг.

Выводы. Получаемые со спутников изображения земной поверхности Арктики свидетельствуют о возрастании за последние десятилетия усредненного значения нормализованного разностного вегетационного индекса (*NDVI*), отражающего степень «позеленения» территории, что обусловлено увеличением продукции фитомассы в условиях роста продолжительности вегетационного периода (3). Рост *NDVI* связывают с потеплением, что проявляется в разрушении ледового покрова в 50-км зоне вдоль берега, которое происходит в районах высокоширотной Арктики. Возрастание запасов и продукции зеленой фитомассы тесно коррелирует с ростом средних летних температур, увеличением продолжительности вегетационного периода и количеством накопленного за этот период тепла, а также с увеличением глубины деятельного слоя почвы за счет его протаивания [1-5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. 2012. №2 (6). С. 66-78.
2. Тишков А.А., Кренке А.Н. «Позеленение» Арктики в XXI в. как эффект синергизма действия глобального потепления и хозяйственного освоения // Арктика: экология и экономика. 2015. №4 (20). С. 28-37.
3. Сысоева Т.Г., Ковалевская Н.М., Хворова Л.А. Анализ состояния растительности, как показателя изменения климата, на основе индекса *NDVI* и спутниковых данных // Сб. тр. всеросс. конф. по математике (МАК-2016). Барнаул: Изд. Алт. ун-та, 2016. С. 224-227.
4. Mirschel W., Wenkel K.-O., Berg M., Nendel C., Wieland R., Terleev V.V. Uncertainties of climate change impact assessment in agriculture-experience from German case studies // В сб. «Методы оценки сельскохозяйственных рисков и технологии смягчения последствий изменения климата в земледелии»: Материалы Всеросс. науч. конф. (с междунар. участ.). 2011. С. 159-167.
5. Mirschel W., Berg M., Wenkel K.-O., Terleev V.V., Topaj A.G. The major uncertainties in climate change impact assessment for agriculture // В сб. «Фундаментальные и прикладные исследования в математической экологии и агроэкологии»: Международ. школа-семинар. 2012. С. 104-112.

ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ
ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ

Тепловой режим почв – важная составляющая гидротермического режима почв. Изучение моделей гидротермического режима осуществляется в рамках учебных дисциплин факультета математики и информационных технологий АлтГУ студентами 3-го курса и магистрантами первого и второго лет обучения: «Математическое моделирование экологических, экономических и социальных систем», «Математические методы и модели в экологии», «Дискретные математические модели». Первые исследования моделей теплового режима почв были выполнены на языке Фортран.

При использовании моделей теплового режима почв как в учебном процессе, так и в целях научных исследований возникла необходимость в разработке программного модуля, в котором были бы представлены различные модели, описывающие динамику распределения температуры по почвенному профилю. Интерфейс программного модуля должен оптимизировать работу с моделями, содержать необходимую справочную информацию и осуществлять визуализацию расчетных данных. Вследствие этого программная реализация должна быть осуществлена на высокоуровневом языке программирования с удобным интерфейсом.

Область применения программного модуля

В учебном процессе:

- изучение моделей теплового режима почв;
- применение различных конечно-разностных схем и оценка влияния на точность решения;
- изучение влияния теплофизических параметров модели на точность расчетов;
- изучение влияния влажности на температурный режим почвы.

При решении исследовательских задач:

- динамика минеральных веществ в почве;
- урожайность яровых и озимых культур;
- фиксация атмосферного азота почвенными бактериями в симбиозе с бобовыми культурами.

Задача исследования. Математические модели, связанные с описанием явления теплопереноса в пределах почвенного компартмента, основаны на нестационарных трехмерных уравнениях параболического типа. Теплота, поступающая на поверхность почвы, под действием создаваемого градиента температур перераспределяется в объеме некоторого почвенного компартмента Ω .

Уравнение теплопереноса имеет вид:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\chi \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\chi \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\chi \frac{\partial T}{\partial z} \right) + f(x, y, z, t), \quad (1)$$

где T – температура почвы, °C; $\rho(x, y, z)$ – плотность почвы, г/см³; $c(w(x, y, z))$ – теплоемкость, Дж/(г·°C); χ – коэффициент теплопроводности, зависящий от влажности почвы w : $\chi = \chi(w(x, y, z))$, Дж/(м·с·K).

Искомая функция $T(P, t)$ – температура почвы - должна удовлетворять начальным условиям:

$$T(P, t)|_{t=0} = T(P, 0), \text{ для } P \in \Omega \quad (2)$$

и некоторым граничным условиям.

В качестве верхнего граничного условия в данных вариантах моделей берется фактическая температура на поверхности почвы, распределенная по часам в течение суток. Нижнюю границу помещаем на глубине, на которой температура полагается постоянной:

$$T(0, t) = T_0(t); T(-H, t) = T_H(t). \quad (3)$$

Для численного решения уравнения теплопереноса почвенный компартмент разбивается на слои, а к уравнению (1) применяются различные конечно-разностные методы.

В разрабатываемый программный модуль включены: одномерная модель и двумерная с вертикальной границей раздела между двумя почвенными компартментами с различной почвенной структурой.

В случае одномерной задачи уравнение (1) имеет вид:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\chi \frac{\partial T}{\partial y} \right), y \in [0, H]. \quad (4)$$

Теплоперенос осуществляется вдоль координатной оси Oy , направленной вертикально вниз.

Для решения двумерной задачи с вертикальной границей раздела будем полагать, что почвенный неоднородный компартмент Ω состоит из двух участков (рис. 1): $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2$, где $\Omega_1 = \{x_1 \leq x \leq 0; -H \leq y \leq 0\}$, $\Omega_2 = \{0 \leq x \leq x_2; -H \leq y \leq 0\}$, значительно отличающихся по влиянию характеристик поля на продукционный процесс посева и на движение почвенных растворов.

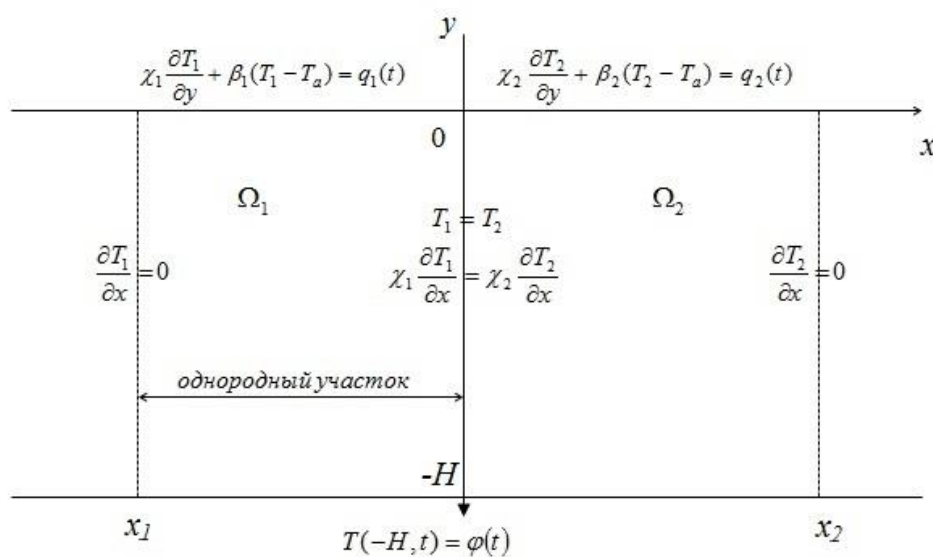


Рис. 1. Почвенный компартмент $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2$

Условия на верхней, нижней границах, а также на границе раздела почвенных компартментов приведены на рис. 1.

Алгоритмическая и программная реализация задач теплового режима почв осуществлена на языке программирования C++. Программный интерфейс модуля разработан в среде VS 2015. Работа пользователя с моделями осуществляется в режиме диалога через интерфейс, который носит универсальный характер и предусматривает работу с различными моделями. После запуска программы пользователь может начать непосредственно работать с программой, либо ознакомиться со справочным материалом. Раздел «Описание моделей» содержит описание самих моделей (одномерной и двумерной) и описание применяемых различных численных схем.

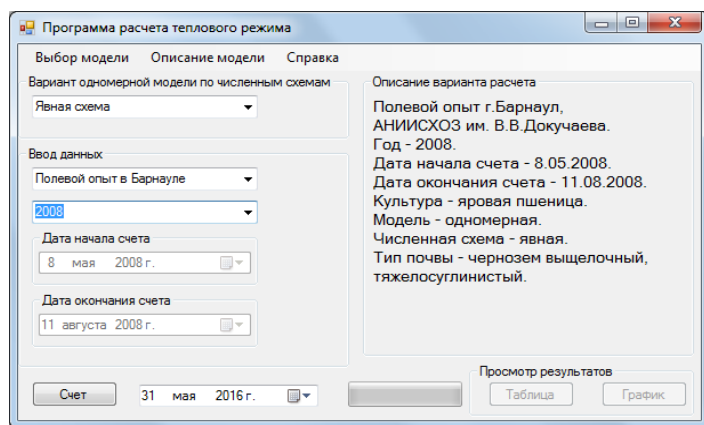


Рис. 2. Вариант расчета

В разделе «Справка» можно ознакомиться с основными понятиями, обозначениями, используемыми в программе, правилами формирования исходных данных и вывода результатов.

Диалог с пользователем начинается с выбора модели расчета и численной схемы. После этого вводятся данные полевого опыта. Дата начала и окончания счета выставляются автоматически. Параллельно составляется описание варианта расчета (рис. 2).

При нажатии кнопки «Счет», пользователь по индикатору может наблюдать за процессом расчета. По завершению работы модели, становится активной область «Просмотр результатов расчета». Результаты отображаются в таблице и в виде графиков.

Модуль верифицирован по данным измерений АНИИСХОЗа «ОПХ им. В.В. Докучаева». Реализованные в программном модуле задачи теплового режима почвы были протестированы на соответствие расчетных данных фактическим. Критерием качества полученных результатов по приведенным моделям служило расхождение между фактическими средними температурами почвы по слоям и рассчитанными по моделям.

При создании базы данных полевого опыта проводился контроль качества исходных данных и восстановление температур на различных глубинах почвенного профиля.

Результаты расчетов показали, что уравнение (4) с указанными начальными и граничными данными дает вполне приемлемую погрешность.

В дальнейшем предполагается расширить функциональные возможности модуля:

- подключить для вычисления минимальной и максимальной температур на поверхности почвы блок радиации [1];
- реализовать задачу вычисления влажности почвы с часовым шагом.

В настоящее время программный модуль внедрен в учебный процесс и используется при решении учебных и исследовательских задач [2, 3]. В перспективе этот модуль может быть интегрирован с моделью динамики почвенной влаги, в которой используется адекватное описание гидрофизических свойств почвы [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гриценко А.А., Рудова Л.Н., Сукачева В.В., Хворова Л.А. Моделирование радиационного режима // Известия Алтайского государственного университета. 1999. № 1. С. 36-39.
2. Боярская А.В., Хворова Л.А. Определение характеристик теплового режима почв в одномерных и двумерных задачах с границей раздела // Вестник Алтайского государственного педагогического университета. 2015. № 25. С. 12-15.
3. Боярская А.В., Хворова Л.А. Восстановление характеристик теплового режима почв в одномерных и двумерных задачах с границей раздела // Омский научный вестник. 2015. № 3(143). С. 293-296.
4. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
5. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. 2014. № 2 (14). С. 35-44.

ЛАНДШАФТНЫЙ ПОДХОД К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ЗЕМЕЛЬ, КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЗАЦИИ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Неэффективное использование производственного потенциала в АПК РФ и выбытие огромного массива сельскохозяйственных угодий из производственного оборота привело к истощению почв, снижению плодородия и потере потенциальной способности средств производства. Процесс деградации сельскохозяйственных земель сопровождается концентрацией капитала крупных агрохолдингов, пользующихся природно-климатическими, социально-экономическими и бюджетными преимуществами, что ставит их в доминирующее положение относительно других субъектов агробизнеса и запускает механизм монополизации агропродовольственных рынков [9]. Дифференциация условий формирования и реализации управления производственным потенциалом подрывает конкурентные основы аграрной экономики и способствует обесценению производственных ресурсов посредством снижения ликвидности их качественных характеристик [3]. Девальвация национального богатства АПК препятствует инновационному прорыву аграрной экономики, сдерживает социально-экономический прогресс, и в условиях глобализации создаёт угрозу потери продовольственной безопасности страны, что определяет актуальность, и научно-практическую значимость проблемы эффективного управления производственным потенциалом.

Цель исследования – обоснование ландшафтного подхода к использованию сельскохозяйственных земель как основы экологизации аграрного производства. Для отработки методологически оправданной концепции эффективного управления производственным потенциалом следует понять сущность и содержание предмета управления, так как в науке сложилось неоднозначное толкование сущности и структуры производственного потенциала. Сложившаяся система знаний в области управления производственным потенциалом АПК изобилует факторными теориями при отсутствии общей концептуальной парадигмы реализации этих теорий в современных условиях.

Очевидно, что присоединение РФ к ВТО – это, прежде всего, вызов конкурентоспособности отечественной сельскохозяйственной продукции, из чего следует концептуальная цель совершенствования системы органов управления аграрной экономикой, обеспечивающая переход АПК на путь восстановления производственного потенциала посредством запуска механизма вовлечения земельных ресурсов в производственный оборот [4]. Следует признать, что ревальвация национального богатства на основе землеустроительных подходов инновационного использования земельных ресурсов определяет направление развития современной системы эффективного управления производственным потенциалом АПК, что подтверждает научную и практическую значимость вопросов сохранения экологического потенциала земель [2, 8].

В процессе взаимодействия элементов производственного потенциала образуются дополнительные резервы роста аграрного производства, обусловленные согласованностью ландшафтных, технологических и экологических факторов земледелия. Поэтому следует признать, что основу производственного потенциала субъектов АПК определяет структура агроландшафта и факторы, его формирующие. Эффективность использования производственного потенциала субъектов АПК обусловлена принципами противозероизонного и максимально полного использования эколого-хозяйственных ландшафтов, из которых следуют финансовые условия сбалансированного ландшафтно-

ориентированного распределения субсидий институциональные предпосылки расширения протекционистских пределов зеленой корзины.

В экономическом понимании агроландшафт – это природно-территориальный комплекс с однородной морфологической структурой в виде равнинного или склонового водосбора и увязанными агротехническими, экологическими, химическими, биологическими и экономическими критериями повышения продуктивности земель. Для повышения эффективности управления производственным потенциалом АПК следует воздействовать на агроландшафтные факторы экономического роста. Ресурсный потенциал (как часть производственного потенциала) содержит особые составляющие – эколого-хозяйственные ландшафты, отдельные территории с особым режимом функционирования, земельные участки с уникальными производительными свойствами и т.д. [1, 6].

Эколого-хозяйственные ландшафты представляют собой систему из земельных ресурсов и влияющих на нее факторов. К ним относятся: экономико-технологические факторы; климатические факторы; природно-экологические факторы и др. Производительный потенциал территорий является качественной основой эколого-хозяйственных ландшафтов. Таким образом, очевидна взаимообусловленность элементов производственного потенциала. Для повышения эффективности использования производственного потенциала следует воздействовать на связи между всеми его элементами относительно ландшафтных факторов и критериев развития сельскохозяйственного производства. Ресурсный потенциал, являясь основой производственного потенциала АПК, имеет различные качественные свойства в зависимости от местоположения и ландшафтных особенностей земли.

В соответствии с ландшафтно-связанной концепцией управления производственным потенциалом АПК, процесс восстановления почвенного плодородия и обеспечения экологического режима производства сельскохозяйственной продукции обусловлен принципом сбалансированного ландшафтно-ориентированного распределения субсидий и реализации резервов зеленой корзины в соответствии с правилами рационального размещения и использования эколого-хозяйственных ландшафтов на основе применения фундаментальных землеустроительных подходов [5, 10].

Для повышения эффективности использования производственного потенциала следует воздействовать на связи между всеми его элементами относительно ландшафтных факторов и критериев развития сельскохозяйственного производства. Ресурсный потенциал, являясь основой производственного потенциала АПК, имеет различные качественные свойства в зависимости от местоположения, ландшафтных особенностей, а также исторически сложившихся систем расселения [7].

В соответствии с ландшафтно-связанной концепцией управления производственным потенциалом АПК, процесс восстановления почвенного плодородия и обеспечения экологического режима производства сельскохозяйственной продукции обусловлен принципом сбалансированного ландшафтно-ориентированного распределения субсидий и реализации резервов зеленой корзины в соответствии с правилами рационального размещения и использования эколого-хозяйственных ландшафтов.

Выводы. Снижение масштабов использования сельскохозяйственных угодий и пахотных земель определили тенденцию девальвации ресурсного потенциала в АПК РФ. Снижение содержания гумуса, нарастание эрозионных потерь плодородия способствуют обесценению производительного потенциала земель, как национального богатства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Арефьев Н.В., Гарманов В.В., Осипов А.Г. Ландшафтно-экологическое районирование и мониторинг Северо-Запада России // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2003. № 2. С. 58-64.

2. Гарманов В.В., Носов С.И., Осипов А.Г., Богданов В.Л. Научно-методические основы эколого-экономической оптимизации сельскохозяйственного землепользования // Экономика природопользования. 2015. № 3. С. 43-59.
3. Заварин Б.В. Реализация управленческой функции государства в сфере использования и охраны земельных ресурсов / В сборнике: Устойчивое развитие сельских территорий страны и формирование трудового потенциала АПК в XXI веке международный агропромышленный конгресс. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. 2008. С. 13-14.
4. Заварин Б.В. Государственная концепция реструктуризации органов управления земельными ресурсами в Российской Федерации / В сборнике: Инновации – основа развития агропромышленного комплекса материалы для обсуждения Международного агропромышленного конгресса. С.-Петербургский государственный аграрный университет, ОАО «Ленэкспо». 2010. С. 100-101.
5. Козырева Е.В. Землеустроительные действия при установлении охранных зон объектов инженерной инфраструктуры / В сборнике: Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Материалы НПК профессорско-преподавательского состава. 2015. С. 153-158.
6. Козырева Е.В. Экономико-правовые аспекты регулирования земельных отношений в системе использования территорий с особым режимом функционирования // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 38. С. 226-229.
7. Наймушина Е.А. Процесс расселения как фактор формирования территориального ресурса / Материалы международного конгресса: Сельское хозяйство – Драйвер Российской экономики (для обсуждения и выработки решений). СПб: Экспофорум, 2016. С. 62-63.
8. Павлова В.А. Роль землеустроительных мероприятий в обеспечении экологической безопасности использования земли // Земельный вестник России. 2004. № 1. С. 30-33.
9. Уварова Е.Л. Основные направления развития планирования и использования земельных ресурсов // Инновации – основа развития агропромышленного комплекса: материалы для обсуждения Международного агропромышленного конгресса. СПб, 2010. С. 107-108.
10. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2015. С. 189-191.

УДК 911.8

В.Ю. Ильина, Д.А. Шишов
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

КАДАСТРЫ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ИХ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Природный кадастр представляет собой совокупность научно обоснованных и строго систематизированных сведений о количественном и качественном состоянии природных ресурсов, их качественных и количественных характеристиках, а также экономическом потенциале и эколого-социальной значимости в системе общественных отношений, и одновременно группах, составе и видах природопользователей. Кадастровая деятельность является фундаментальной функцией системы государственного управления ресурсным потенциалом страны, а также основой принятия управленческих решений в сфере ресурсопотребления и обеспечения устойчивых процессов в решении экологических задач общества в сфере организации территориального ресурса [3].

Цель исследования - нормативно-правовое обоснование кадастров природных ресурсов.

Первые упоминания о кадастровых работах, проводимых с целью определения первичных экономических характеристик, представлены в исторических хрониках в Месопотамии, Древнем Китае, а также Египетской цивилизации и отнесены к середине 3-го тысячелетия до нашей эры. Обнаруженные артефакты (глиняные таблички и свитки) дают нам возможность оценить связь имеющейся текстовой информации с первыми элементами применения геоинформационными

технологиями (схемы, простейшие карты, элементы границ, попытки привязать конкретный объект к фундаментальным элементам на местности) [6].

Происхождение термина «кадастровых действий» связывают с правлением Наполеона I и системой преобразований земельных отношений во Франции его кабинетом. Одна из исторических версий связывает понятия «кадастр» с историей Греческой цивилизации. Так у греков «catastichon» означал «блокнот для записей» и произошел от латинского «capitastum» - опись [5].

Единого государственного природного кадастра в системе нормативного регулирования отношений в сфере природопользования не существует, учет природных ресурсов в Российской Федерации осуществляется по принципу территориального природопользования [1, 4]. Поэтому позволим себе проанализировать систему учета природных ресурсов в Российской Федерации по отдельным «дифференцированным» природным ресурсам в соответствии со ст.4 Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ.

Система кадастрового учета природных ресурсов включает в себя совокупность природных кадастров (реестров) по таким видам, как: государственный кадастр месторождений полезных ископаемых; государственный лесной кадастр; государственный водный кадастр; государственный кадастр объектов животного мира; государственный кадастр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Государственный кадастр месторождений и проявлений полезных ископаемых ведется в соответствии со статьей 30 Закона РФ от 21.02.1992 № 2395-1 (ред. от 03.07.2016) «О недрах» (с изм. и доп., вступ. в силу с 03.10.2016) и преследует цели обеспечения разработки федеральных и региональных программ геологического изучения недр, комплексного использования месторождений полезных ископаемых, рационального размещения предприятий по их добыче. Данный кадастр включает в себя сведения по каждому месторождению, характеризующие количество и качество основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых, содержащиеся в них компоненты, горно-технические, гидрогеологические, экологические и другие условия разработки месторождения, содержать геолого-экономическую оценку каждому месторождению, а также включать в себя сведения по выявленным проявлениям полезных ископаемых.

Ведение государственного лесного кадастра закреплено статьей 68 Лесного кодекса РФ от 29.01.1997 г. № 22-ФЗ и представляет собой документирование сведений об экологических, экономических и иных количественных и качественных характеристиках лесного фонда. Данные государственного лесного кадастра используются при государственном управлении лесным хозяйством, организации его ведения, переводе лесных земель в нелесные земли в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства и использованием лесным фондом, и (или) изъятии земель лесного фонда, определении размеров платежей за пользование лесным фондом, оценке хозяйственной деятельности лесопользователей и лиц, осуществляющих ведение лесного хозяйства. Ведение государственного лесного кадастра возложено на федеральный орган управления лесным хозяйством и его территориальные органы. В соответствии со ст. 92 Лесного кодекса РФ государственный кадастровый учет лесных участков осуществляется в соответствии с Федеральным законом от 24 июля 2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости». Кадастровый учет и ведение государственного кадастра недвижимости осуществляются федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в порядке, установленном Конституцией Российской Федерации и Федеральным конституционным законом от 17 декабря 1997 г. № 2-ФКЗ «О Правительстве Российской Федерации».

Государственный учет поверхностных и подземных вод и государственный водный кадастр нормативно закреплены в статье 79 Водного кодекса Российской Федерации от

16.11.1995 г. № 167-ФЗ. Представляет собой процессы систематического определения и фиксацию в установленном порядке количества и качества водных ресурсов, имеющих на данной территории. Состав водного кадастра включены данные о водных объектах, об их водных ресурсах, использовании водных объектов, о водопользователях. Государственный водный кадастр ведется в Российской Федерации по единой системе и основывается на данных государственного учета вод. Цели учета водных объектов предусматривают процессы обеспечения текущего и перспективного планирования рационального использования водных объектов, их восстановления и охраны. Данные, вносимые в систему государственного учета поверхностных и подземных вод характеризуют состояние поверхностных и подземных водных объектов по качественным и количественным показателям, степени их изученности и использования.

В целях обеспечения охраны и использования животного мира, сохранения и восстановления среды его обитания, в соответствии со статьей 14 Федерального закона от 24.04.1995 № 52-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О животном мире» осуществляется: государственный учет объектов животного мира и их использования, представляющий собой совокупность сведений о географическом распространении объектов животного мира, их численности, а также - характеристику среды обитания, информацию об их хозяйственном использовании; ведется государственный кадастр объектов животного мира, содержащий другие необходимые данные. Государственный учет и прогнозирование состояния животного мира осуществляют специально уполномоченные государственные органы по охране, федеральному государственному надзору и регулированию использования объектов животного мира и среды их обитания в соответствии с разграничением полномочий, предусмотренным статьями 5 и 6 озвученного Федерального закона (в ред. Федеральных законов от 29.12.2006 № 258-ФЗ, от 18.07.2011 № 242-ФЗ).

Порядок ведения государственного кадастра особо охраняемых природных территорий закреплен Приказом Госкомэкологии РФ от 04.07.1997 № 312 «Об утверждении правил ведения государственного кадастра особо охраняемых природных территорий» и закрепляет группы объектов и систему уполномоченных органов в сфере их учета, а именно:

- по особо охраняемым природным территориям федерального значения, являющимся федеральной собственностью, - федеральными органами исполнительной власти и организациями, в ведении и управлении которых находятся такие природные территории;
- по особо охраняемым природным территориям регионального значения, являющимся собственностью субъектов Российской Федерации, - органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации;
- по особо охраняемым природным территориям местного значения, являющимся собственностью муниципальных образований, - органами местного самоуправления.

Кроме представленных выше природных кадастров Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ содержит нормы, представленные в статье 69 и закрепляющие систему государственного учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. К таким объектам относят территории, занятые промышленными, военными предприятиями, а также земельные участки под инженерной инфраструктурой (энергетика, связь и т.д.) [2].

Результаты и выводы. Государственный учет объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, осуществляется для получения достоверной информации об объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, определения областей применения наилучших доступных технологий, применения программно-целевых методов планирования, а также - для планирования осуществления государственного экологического надзора и включает в себя: государственный учет выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, вредных физических

воздействий на атмосферный воздух и их источников [7] в соответствии с законодательством Российской Федерации в области охраны атмосферного воздуха, а также - государственный учет в области обращения с отходами производства и потребления в соответствии с законодательством Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Арефьев Н.В., Гарманов В.В., Осипов А.Г. Ландшафтно-экологическое районирование и мониторинг Северо-Запада России // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2003. № 2. С. 58-64.
2. Козырева Е.В. Экономико-правовые аспекты регулирования земельных отношений в системе использования территорий с особым режимом функционирования // Известия СПбГАУ. 2015. № 38. С. 226-229.
3. Наймушина Е.А. Принципы организации территориального ресурса в стратегическом проектировании устойчивого развития территории / Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. СПбГАУ. 2016.
4. Павлова В.А. Концептуальные основы территориального природопользования // Труды IX Международного симпозиума молодых ученых, аспирантов и студентов «Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития». М.: МГУИЭ, 2009. С. 71-74.
5. Уварова Е.Л. Сущность и современное содержание рационального и эффективного использования земельных ресурсов // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2016. №2. С. 24-27.
6. Шишов Д.А., Козырева Е.В., Оганесян К.Т. Концепция эволюции земельно-правовых отношений (исторические традиции – дохристианский период) // Известия СПбГАУ. 2014. № 36. С. 182-185.
7. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // В сборнике: Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2015. С. 189-191.

УДК 332.2

А.Н. Аслаханов¹, Н.Ю. Данилина¹, В.В. Терлеев², Ю.В. Волкова²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Необходимость оценки эффективности использования рекультивированных земель обуславливает актуальность данной статьи. Обоснование наилучшего варианта использования земель, подвергшихся или потенциально опасных к воздействию негативных (вредных) природных, антропогенных и техногенных явлений, выполняется путем сопоставления затрат на устранение негативных последствий этих отрицательных явлений и ожидаемых выгод (получения потенциального чистого дохода) от проведения природно-восстановительных и природоохранных мероприятий [1, 3].

Цель работы - определение критериев для обоснования направлений использования рекультивированных земель.

Причины нарушения земель населенных пунктов или земель промышленности, транспорта и иного специального назначения условно можно объединить в две группы:

- 1) природные (подтопление, переувлажнение, заболачивание, деградация, эрозия);
- 2) антропогенные (размещение карьеров местных строительных материалов, карьеров открытой добычи полезных ископаемых, торфоразработок; размещение отвалов промышленных отходов, отвалов вскрышных пород, свалок твердых бытовых отходов; загрязнение радионуклидами и тяжелыми металлами и др. веществами).

Стоимость работ по рекультивации земель зависит от направления рекультивации: под сельскохозяйственные угодья, лесонасаждения, рекреационное использование (искусственные водоемы), спортивные объекты, тренировочные полигоны и др. Анализ литературы и проектов по рекультивации нарушенных земель показывает, что, вероятно, только сельскохозяйственные угодья, подвергнутые воздействию негативных факторов, могут быть рекультивированы (восстановлены) в сельскохозяйственные угодья [7, 9, 10, 12]. Для обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства, учитывая имеющиеся рекомендации по устранению последствий негативного природного и антропогенного воздействия на сельскохозяйственное землепользование, целесообразно придерживаться системы оценок эффективности использования рекультивированных земель.

Перечислим критерии для определения направления освоения рекультивированных земель, которые предлагаются к использованию.

1. Освоение нарушенных земель в сельскохозяйственные угодья. При исследовании такого направления должна быть обеспечена экономическая эффективность наряду с достижением экологического и социального эффекта. В качестве критерия экономической эффективности может быть применен нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений. Известно, что показателями эффективности являются: коэффициент экономической эффективности $K_э = 1/T$ (T – срок окупаемости затрат) [6, 11].

В качестве критерия экологической эффективности предлагается рассматривать нормализацию экологической ситуации, стабилизацию показателей, характеризующих плодородие почв. В рыночных условиях использование земли базируется на принципе платности, и логично было бы рассчитывать ущерб от загрязнения и захламления земель в двух возможных вариантах [2, 5].

Первый вариант - если под воздействием загрязнения и захламления земля выбыла из оборота навсегда, то необходимо определить ее рыночную стоимость до момента негативного воздействия плюс - упущенную выгоду за максимальный период возможной аренды (с учетом дисконтирования за 49 лет), а также - затраты на консервацию.

Второй вариант - если нарушенная земля будет возвращена в оборот посредством рекультивации, то ущерб будет равен стоимости этой рекультивации плюс - упущенной выгоде за период, когда земля находилась в нарушенном состоянии, и период полной (технической, биологической) рекультивации (5-8 лет). Для первого варианта экономический ущерб от загрязнения и захламления земель ($Уэ1$) можно рассчитать по формуле:

$$Уэ1 = Ср + Ск + Ву,$$

где $Ср$ - рыночная (кадастровая) стоимость земельного участка до его загрязнения и захламления; $Ск$ - стоимость консервации нарушенных земель; $Ву$ - упущенная выгода за максимальный период возможной аренды (с учетом дисконтирования за 49 лет) [4].

В качестве критерия социальной эффективности предлагается использовать показатели, характеризующие условия жизни и труда населения (в том числе - улучшение условий ведения личного подсобного хозяйства) [6].

2. Освоение нарушенных земель под лесные насаждения. При анализе данного случая можно ограничиться оценкой эколого-социального эффекта.

3. Рекреационное освоение рекультивированных земель. При исследовании такого направления возможны различные варианты оценивания: экономическая эффективность использования территории (для организованного отдыха и туризма) наряду с получением экологического и социального эффектов; экологическая и социальная эффективность при использовании территории под прочие объекты рекреации.

4. Создание учебно-тренировочных и спортивных объектов на рекультивированных нарушенных землях. При анализе данной ситуации следует ожидать достаточной экономической эффективности при обеспечении экологического и социального эффектов.

5. Рекультивация наиболее тяжелых нарушений и загрязнений земель направлена на устранение негативных последствий, консервацию и перевод земель в категорию запаса. В этом случае оценка эффективности может быть ограничена незначительным эколого-социальным эффектом [8].

Выводы. Так как концепция устойчивого развития Российской Федерации ориентирована на ликвидацию уже причиненного ущерба земельным ресурсам и его предотвращение, то ее реализация, вероятнее всего, приведет к снижению экономической эффективности землепользования. Таким образом, концепция требует соответствующей корректировки методик для оценивания экономической эффективности восстановления нарушенных земель, и в частности – для определения затрат на сохранение и воспроизводство земельных ресурсов. Весьма актуальны задачи оптимизации землепользования восстановленных нарушенных земель. Обоснование эффективности рекультивации и последующего использования нарушенных земель требует комплексного подхода и разработки соответствующих методик, а также - системы критериев оценивания вариантов освоения нарушенных и загрязненных земель. Следующий шаг исследований – разработка критериев оценивания и выбора направлений использования нарушенных земель, заведомо экономически неэффективных.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Арефьев Н.В., Гарманов В.В., Осипов А.Г., Трушников В.Е. Ландшафтно-экологическое районирование и мониторинг земель Ленинградской области // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 11. С. 303-311.
2. Богданов В.Л., Гарманов В.В., Рябов Ю.В. Повышение эффективности землепользования // Известия СПбГАУ. 2012. № 26. С. 295-302.
3. Гарманов В.В., Носов С.И., Осипов А.Г., Богданов В.Л. Научно-методические основы эколого-экономической оптимизации сельскохозяйственного землепользования // Экономика природопользования. 2015. № 3. С. 43-59.
4. Гарманов В.В., Богданов В.Л. Информационное обеспечение платности землепользования сельскохозяйственного назначения // Журнал «Науки о Земле». 2015. № 1. С. 63-71.
5. Гарманов В.В., Богданов В.Л., Рябов Ю.В., Баденко В.Л., Загорский М.Ю. Оценка эколого-экономического ущерба от нарушения земель // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2015. № 4. С. 136-144.
6. Гарманов В.В. Землеустроительное проектирование. Учебно-методическое пособие / Санкт-Петербургский университет; Институт наук о Земле. СПб., 2016, 96 с.
7. Наймушина Е.А. Принципы организации территориального ресурса в стратегическом проектировании устойчивого развития территории / Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. СПбГАУ. 2016.
8. Осипов Г.К., Гарманов В.В., Осипов А.Г. Геосистемный подход к рациональному использованию и охране земельных ресурсов при комплексном освоении территории // Региональная экология. 2003. № 3-4. С. 87-90.
9. Уварова Е.Л. Основные направления развития планирования и использования земельных ресурсов // Инновации – основа развития агропромышленного комплекса материалы для обсуждения Международного агропромышленного конгресса. СПбГАУ, ОАО «Ленэкспо». 2010. С. 107-108.
10. Шишов Д.А., Заварин Б.В., Козырева Е.В. Вопросы землеустроительной деятельности в аспекте реализации задач регулирования рынка недвижимости // СПбГАУ. 2013. № 32. С. 210-214.
11. Шишов Д.А., Степанова Е.А. Методические подходы к оценке эффективности использования сельскохозяйственных земель, расположенных в границах населенных пунктов (на примере Санкт-Петербурга) // Известия СПбГАУ. 2008. № 8. С. 94-97.
12. Arefiev N., Garmanov V., Bogdanov V., Ryabov Yu., Terleev V., Badenko V. A market approach to the evaluation of the ecological-economic damage dealt to the urban lands // Procedia Engineering. 2015. Т. 117. С. 26-31.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗЕМЕЛЬНОГО НАДЗОРА

В условиях ухудшения экологической обстановки и все возрастающего воздействия общества на окружающую природную среду все более актуальными становятся вопросы контроля соблюдения гражданами и юридическими лицами экологических норм и нормативов. Одним из главных мероприятий государства по поддержанию субъектов природопользования в рамках правомерного поведения был и остается государственный экологический контроль (надзор). В соответствии с п. 2 ст. 65 Федерального закона «Об охране окружающей среды» (от 10 января 2002 г. №7-ФЗ) государственный экологический надзор включает в себя несколько составляющих, в т.ч. и государственный земельный надзор. Последний является весьма важным, поскольку пользование любыми природными ресурсами неразрывно связано с использованием земель [1, 3, 6, 11].

Государственный земельный надзор осуществляется Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (далее – Росреестр) в соответствии с Положением о Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 01.06.2009 № 457. Кроме Росреестра, государственный земельный надзор осуществляет Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору и Федеральная служба по надзору в сфере природопользования в рамках своей компетенции. Территориальные органы Росреестра при осуществлении надзора взаимодействуют с такими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и их территориальными органами, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, как: Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор), Минстрой, Роспотребнадзор, а также - с органами природоохранной прокуратуры. Кроме того, в своей деятельности Росреестр часто взаимодействует с органами местного самоуправления, а также с организациями и гражданами [4, 7, 12].

Цель работы – анализ современных проблем государственного земельного надзора.

Ежегодные планы проведения проверок составляются с учетом периодичности их проведения, установленной законодательством, а также с учетом результатов проведения административного обследования объектов земельных отношений, анализа результатов предыдущих проверок, данных государственного мониторинга земель, анализа состояния соблюдения требований. Проверки проводятся должностными лицами управления Росреестра конкретного субъекта Федерации в соответствии с планами, систематически утверждаемыми Росреестром. Так, например, в Санкт-Петербурге непосредственно осуществляют проверки должностные лица филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральная кадастровая палата Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии» по Санкт-Петербургу [8].

Внеплановые проверки проводятся с целью надзора за исполнением предписаний об устранении ранее выявленных нарушений. Весьма частыми являются случаи проведения внеплановых проверок на основании сведений, полученных от граждан, свидетельствующих о наличии признаков нарушения требований земельного законодательства Российской Федерации. Кроме того, существует форма выездной проверки, осуществляемая по инициативе должностного лица Росреестра в отношении определенного объекта земельного надзора.

В своей профессиональной деятельности должностные лица управлений Росреестра нередко сталкиваются с определенным кругом проблем. В настоящее время наиболее острым остается вопрос о ежегодном возрастании числа земельных правонарушений. Одним из немаловажных факторов в данной области эксперты называют правовую безграмотность и неосведомленность граждан. Другим фактором является несовершенство земельного законодательства, пробелы, позволяющие уполномоченным лицам трактовать ситуацию двояко. В качестве эталона землепользования могут быть использованы проекты землеустройства [2].

Весьма существенной остается проблема во взаимоотношении между «проверяющим» и «проверяемым». Часто граждане проявляют недоверие к инспекторам, даже при предъявлении ими подлинных удостоверяющих документов. Например, «проверяемые» не дают инспектору провести замер их земельного участка, либо отказываются предъявлять документы на землю и т.п. Имеют место и случаи уклонения граждан от проверок. Поскольку план проверок публикуется на год, отсутствие владельца участка в это время обуславливает невозможность проведения проверки в установленный плановый срок.

Такие действия граждан являются незаконными и могут квалифицироваться как воспрепятствование законной деятельности должностного лица органа государственного надзора. Часто «проверяемые» после установления факта правонарушения не согласны с вменяемым им нарушением. Бездействие лиц, привлекаемых к административной ответственности, выражающееся, прежде всего, в нежелании оплачивать налагаемый на них штраф, зачастую ведет к обжалованию действий инспектора в суде. Кроме того, в настоящее время растет число случаев самовольного захвата земельных участков, особенно на периферии. Правонарушители обычно предъявляют следующий аргумент: «занимая заброшенный участок, я не предполагал, что нарушаю чьи-либо права». Однако незнание закона, как известно, не освобождает от ответственности [5, 9].

Ежегодно Росреестр публикует отчеты о государственном земельном надзоре. Согласно указанным сведениям, за 2014 г. по всей территории Российской Федерации гражданами, юридическими и должностными лицами было совершено 177957 правонарушений в области земельного законодательства, затронувших земли общей площадью в 2433809,3 га. Из них 68059 правонарушений было устранено: это всего 38,3% от общего числа нарушений.

Статистика – удручающая: если учесть, что за все эти правонарушения в пользу государства было взыскано в качестве штрафов всего 178 млн. руб. (при общей сумме наложенных штрафов 230 млн. руб.). Очевидно, что подобная финансовая база не способствует восстановлению прежнего состояния земель, а, следовательно, правонарушения в области земельных отношений носят необратимый характер, т.е. земли под воздействием человека утрачивают и не восстанавливают свои полезные свойства [10].

Изучение данного вопроса позволяет сделать ряд выводов. Во-первых, необходимо отметить юридическую возможность взаимодействия граждан с органами государственной власти, осуществляющими земельный надзор. Такая возможность гарантирует учет интересов населения, что действительно важно. Во-вторых, Положение четко регламентирует содержание проверок в рамках надзора, таким образом, исключая всякую их субъективность. В-третьих, весьма существенным является возможность проведения внеплановых проверок, гарантирующих внезапность, а значит, - объективность проверок. Наконец, в-четвертых, стоит отметить негативный характер результатов проверок, осуществляемых в рамках государственного земельного надзора. Отчеты свидетельствуют о глобальном числе нарушений земельного законодательства. Следовательно, субъектам земельных отношений следует всерьез задуматься о правомерности своей деятельности, ее соответствии требованиям и нормам законов Российской Федерации.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

В сельском хозяйстве земля, безусловно, является наиглавнейшим и незаменимым средством производства, от уровня использования которого зависит не только процветание отрасли, но и продовольственная самообеспеченность государства. Повышение эффективности использования земельных ресурсов является необходимым условием увеличения сельскохозяйственного производства, что в современных условиях приобретает особую актуальность [1].

В современных условиях «земельный вопрос» в любом государстве – это, прежде всего, попытка понять роль земли в общественной жизни и в воспроизводственном процессе, и на этой основе определить собственную политику в сфере землепользования [8]. Ухудшение экологического состояния земель, используемых в сельскохозяйственном обороте, в связи с промышленным и гражданским строительством, а также вследствие действия эрозионных процессов, заболачивания, вторичного засоления земель и других факторов приводит к снижению уровня землеобеспечения населения, о чем красноречиво показывают данные кадастрового учета характеристик производительного потенциала земель [3, 5]. Кроме того, наблюдается ухудшение качественного состояния земель, загрязнения токсичными и радиоактивными веществами, отходами производства. Ухудшается и фитосанитарное состояние земельных ресурсов. Если не преодолеть создавшуюся ситуацию, то положение в землепользовании в ближайшее время может стать критическим.

Цель исследования – анализ проблем экологической эффективности использования сельскохозяйственных земель.

Для того чтобы повысить эколого-экономическую эффективность использования сельскохозяйственных земель и улучшить их состояние требуются не только значительные инвестиции со стороны государства и отдельных землепользователей, но и принятие эффективных решений по вопросам совершенствования системы государственного управления земельными ресурсами в сельском хозяйстве. Отдельное место в решении этой задачи занимают вопросы охраны земельных ресурсов в системе земельных отношений государства [4]. Определенное значение имеет вопрос определения эколого-экономического ущерба от изъятия земель для государственных и муниципальных нужд [2].

Иначе говоря, возникает необходимость рассматривать эффективное использование сельскохозяйственных земель не только с позиций достижения их максимальной продуктивности при прочих равных условиях, но и с позиций обеспечения оптимальной системы государственного управления такими землями, в аспекте экологического благополучия населения [9, 12].

Эти две категории тесно переплетаются друг с другом по многим направлениям, что требует их глубокого изучения в единой, последовательной системе. В конечном счете, обеспечение продовольственной безопасности (как один из ожидаемых результатов эффективного управления земельными ресурсами в сельском хозяйстве) может быть достигнут только за счет накопления и эффективного использования их эколого-производительного потенциала.

Прежде чем перейти к содержанию эффективного использования и экологизации сельскохозяйственных земель в системе управления земельными ресурсами, необходимо определить терминологию, а также рассмотреть понятие «эффективность производства»,

составной частью которого и является экономико-экологическая эффективность использования земельных ресурсов. Детерминированная связь между экономической эффективностью производства и эколого-эффективным использованием земель выглядит следующим образом: экономическая эффективность сельскохозяйственного производства – эффективность использования всех производственных ресурсов в системе управления сельскохозяйственным производством – эффективность использования сельскохозяйственных земель в системе управления земельными ресурсами – экология природопользования [10].

Такая связь не всегда прослеживается в научных трудах, поэтому зачастую государственное управление земельными ресурсами и их эффективное использование рассматриваются как две обособленные, не имеющие общих точек соприкосновения категории [11]. По мнению авторов, такое обособление является некорректным, хотя бы потому, что решение ключевых задач управления сельскохозяйственными землями может быть достигнуто через экологизированный комплекс соответствующих мероприятий, направленных на достижение ожидаемых результатов обеспечения эффективного использования производительного потенциала таких земель.

Так, в экономике землепользования выделяют относительные показатели эффективности, которые характеризуют полное использование земель: доля сельскохозяйственных угодий в общей площади земли, доля пашни в структуре сельскохозяйственных угодий и т.д. Но наиболее важна иная группа показателей, которая редко находит свое отражение в учебно-научной литературе, это - показатели экологической эффективности использования сельскохозяйственных земель. С точки зрения историко-философской парадигмы экологизации товарного производства, использование земли будет считаться эффективным, рациональным, когда одновременно с производством планируемого и экономически обоснованного объема сельскохозяйственной продукции сохраняется территориальное экологическое равновесие и не допускается ухудшение качества почв [6, 7]. Соответственно, все проводимые меры по повышению экономической эффективности использования земель должны в обязательном порядке увязываться с охраной окружающей среды.

Выводы. Из анализа вышестоящей по иерархической связи категории, а именно – эффективности сельскохозяйственного производства в целом, - можно сделать вывод, что, несмотря на существование разных видов (экономическая, социальная, экологическая), эффективность рассматривается в традиционно единственном ключе - как категория экономическая. То же самое можно сказать и об эффективности использования земли, показатели которой составляют часть эффективности сельскохозяйственного производства. Положение дел таково: экологическая составляющая вопроса преимущественно рассматривается в самом общем виде; и столь проработанной классификации показателей, как в случае с экономической эффективностью, не существует.

По мнению авторов, наиболее исчерпывающее обоснование содержания экологической эффективности представлено в работе [1]. В ней предложены следующие показатели экологической эффективности: 1) капитальные затраты на природоохранные мероприятия (строительство гидротехнических сооружений, дорог, посадка лесных полос, создание санитарно-защитных зон, миграционных коридоров и др.); 2) ежегодные издержки на поддержание природоохранных сооружений в рабочем состоянии; 3) уменьшение затрат на медицинское обслуживание населения вследствие улучшения экологической обустроенности агроландшафтов; 4) стоимость дополнительной продукции, полученной вследствие увеличения производительности труда и уменьшения потерь рабочего времени из-за болезней; 5) стоимость дополнительной продукции, полученной в результате уменьшения отрицательного воздействия на земельные угодья, воду и воздух антропогенных и природных факторов, таких как - эрозия, иссушение, уплотнение почв, загрязнение

природных ресурсов; 6) стоимость дополнительной продукции, полученной в результате более тщательного учета микроклиматических условий территорий, их биоклиматического потенциала; 7) стоимость потерь от загрязнения земель химическими, бактериологическими и радиационными веществами [1].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Варламов А.А., Хабаров А.В. Экология землепользования и охрана природных ресурсов / А.А. Варламов, А.В. Хабаров. М.: Колос, 1999. 159 с.
2. Гарманов В.В. Землеустроительное проектирование. Учеб.-метод. пособие. СПб.: С.-Петерб. гос. ун-т., 2016. 96 с.
3. Наймушина Е.А. Принципы организации территориального ресурса в стратегическом проектировании устойчивого развития территории / Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. СПбГАУ. 2016.
4. Павлова В.А. Санкции, применяемые к нарушителям природоохранного законодательства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2007. № 3. С. 51-52.
5. Сулин М.А., Павлова В.А., Шишов Д.А. Современное содержание земельного кадастра // Учебное пособие для вузов / под редакцией М.А. Сулина. Санкт-Петербург, 2010.
6. Сулин М.А., Шишов Д.А. Основы земельных отношений и землеустройства // Учебное пособие / Санкт-Петербург, 2015.
7. Уварова Е.Л. Сущность и современное содержание рационального и эффективного использования земельных ресурсов // Вестник факультета землеустройства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. №2. С. 24-27.
8. Шишов Д.А. Государственная политика Российской Федерации по управлению земельным фондом Российской Федерации – особое мнение / Россия в условиях глобальных вызовов материалы IX международной научно-практической конференции. СПбГАУ, 2016. С. 29-33.
9. Шишов Д.А. Исторические традиции философско-религиозной и общественно-политической мысли о судьбах земельных отношений в России // Известия международной академии аграрного образования. 2015. № 22. С. 139-142.
10. Шишов Д.А. Эффективное управление земельными ресурсами и обеспечение продовольственной безопасности в условиях реформирования аграрной сферы экономики / диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / СПбГАУ. Санкт-Петербург, 2005.
11. Шишов Д.А., Ревнова М.Б. Правовая основа государственного управления земельными ресурсами на современном этапе // Правовая политика и правовая жизнь. 2004. № 3. С. 42-49.
12. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // В сборнике: Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во Полтехн. ун-та. 2015. С. 189-191.

УДК 332.362

А.В. Колмыков, Е.В. Пшибыш
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

В настоящее время при организации использования земель и устройстве сельскохозяйственной территории необходимо отказаться от чисто потребительского отношения к земельным и другим природным ресурсам, важно учитывать экологические требования при организации сельскохозяйственного производства. Именно через создание благоприятной экологической среды возможен выход к устойчивому развитию сельскохозяйственного производства и эффективному природопользованию.

Использование земель в сельскохозяйственных организациях тесно связано с организацией производства и устройством территории, на которой они размещаются. Роль землеустройства в формировании экологической среды на глобальном, региональном, локальном уровнях огромна. При его осуществлении происходит вмешательство в глубинные природные процессы, преобразуются экологические свойства территории, формируются новые ландшафтные системы.

Современная научная концепция землеустройства базируется на экологизации землепользования. Разработкой вопросов экологической направленности землеустройства в разное время занимались М.В. Андришин [1], А.А. Варламов [3], С.Н. Волков [4], М.И. Лопырев [6], Д.А. Шишов [9, 10] и др. [11]. Эти работы внесли значительный вклад в развитие экологического подхода в землеустройстве. Вместе с тем остается не полностью раскрытым влияние экологического состояния землепользования на экономическую эффективность сельскохозяйственного производства [5].

Цель работы - изучение влияния экологических условий сельскохозяйственных землепользований на результаты производственной деятельности сельскохозяйственных организаций.

Из анализа литературы выявлено, что к числу важнейших экологических показателей землепользования относятся те, которые характеризуют экологическое состояние территории и влияют на эффективность использования земель и сельскохозяйственное производство. Для оценки влияния состава земель на экологическую ситуацию территории используется коэффициент ее экологической стабильности, который снижается при повышении сельскохозяйственной освоенности земель (распаханности, проведении мелиоративных, культуртехнических работ), а также - возрастания площадей под застройкой [7, 8].

Исследование влияния экологической стабильности территории (как интегрального показателя экологического состояния землепользования) на результативность производственной деятельности хозяйств выполнено на примере сельскохозяйственных организаций 21 административного района Витебской области Республики Беларусь. В процессе исследования с использованием материалов земельного кадастра и данных аналитической информации сравнительной эффективности сельскохозяйственного производства в административных районах Витебской области определены основные показатели, характеризующие экологическое состояние сельскохозяйственных землепользований.

Рассматриваемые районы имеют близкие климатические условия, сельскохозяйственные организации специализируются на молочно-мясном скотоводстве. Балл плодородия сельскохозяйственных земель в них изменяется от 19,7 в Городокском до 29,6 в Дубровинском районе, а пахотных земель от – 20,3 до 30,6 соответственно.

Залесенность территории колеблется от 25,6 % в Шарковщинском до 70,5 % в Россонском районе. Обводненность территории составляет от 0,9 % в Толочинском до 9,2 % в Браславском районе. Сельскохозяйственная освоенность территории изменяется от 13,5 % в Россонском до 58,5 % в Шарковщинском районе. Распаханность территории в этих же районах колеблется от 6,9 до 36,1 %.

Антропогенная напряженность территории изменяется от 28,3 % в Городокском до 60,9 % в Шарковщинском районе. Коэффициент природной защищенности территории, определяемый как отношение площади экологически стабильных земель к общей площади рассматриваемой территории, колеблется от 0,37 в Шарковщинском до 0,71 в Городокском районе, а коэффициент экологической стабильности территории изменяется от 0,37 в Шарковщинском до 0,61 в Россонском районе.

В ходе исследований выявлено, что при оптимизации сельскохозяйственных землепользований коэффициент экологической стабильности территории в рассматриваемых районах Витебской области достиг 0,47. Группировка административных районов Витебской

области по коэффициенту экологической стабильности территории и ряд экономических показателей сельскохозяйственного производства по группам районов приведены в табл. 1.

Данные табл. 1 свидетельствуют: средний коэффициент экологической стабильности территории по изучаемым группам районов меняется от 0,38 до 0,56; балл плодородия сельскохозяйственных земель изменяется с 28,5 до 22,0; одновременно с уменьшением плодородия земель сокращается сельскохозяйственная освоенность территории с 56,3 до 23,1 %; выход валовой продукции и валовой доход на 100 га сельскохозяйственных земель по группам районов уменьшается с 235 млн. руб. до 206 млн. руб. и с 54 млн. руб. до 50 млн. руб. соответственно.

Согласно выполненным ранее исследованиям, при значении коэффициента экологической стабильности менее 0,33 территория считается экологически нестабильной, от 0,4 до 0,50 – неустойчиво стабильной, от 0,51 до 0,66 – средней стабильности, более 0,67 – экологически стабильной [4].

Таблица 1

Группировка исследуемых районов по экологической стабильности территории

Группы районов по коэффициенту экологической стабильности территории	Количество районов в группе	Среднее значение коэффициента экологической стабильности по группе	Средний балл плодородия сельскохозяйственных земель	Сельскохозяйственная освоенность территории, %	Валовая продукция в расчете на 100 га сельскохозяйственных земель, млн. руб.	Валовой доход в расчете на 100 га сельскохозяйственных земель, млн. руб.
До 0,40	4	0,38	28,5	56,3	235,1	54,3
0,41–0,46	8	0,44	25,6	43,7	211,5	54,3
0,47–0,53	5	0,49	25,2	39,3	180,7	44,9
Более 0,53	4	0,56	22,0	23,1	206,2	49,7
По области	21	0,47	25,3	40,6	208,4	50,8

Следует отметить, что территории Глубокского и Шарковщинского районов экологически нестабильны; а Городокского, Лепельского, Россонского районов, наоборот, - стабильны. Остальные районы Витебской области имеют неустойчивую и среднюю стабильность территорий.

Естественное плодородие земель исторически предопределило и продолжает определять в настоящее время степень сельскохозяйственной освоенности территории, эффективность аграрного производства и связанную с ними экологическую стабильность территории.

Выводы. Повышение экономической эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения и сельскохозяйственного производства в целом при определенной (допустимой) экологической стабильности территории может быть достигнуто путем землеустройства и интенсификацией сельскохозяйственного производства. Действенным средством повышения экологической стабильности территории и эффективности сельскохозяйственного производства является оптимизация землепользования, в результате которой (в связи с сокращением площади низкоплодородных

обрабатываемых земель) освобождаются производственные ресурсы для интенсификации аграрного производства на оставшихся после оптимизации более плодородных сельскохозяйственных землях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андришин М.В. Эффективность организации использования земельных ресурсов / М.В. Андришин, Т.П. Магазинчиков. Львов: Вища школа, 1981. 171 с.
2. Борисова Е.В., Калабин А.Л. Учет влияния разнообразных факторов в индексном анализе // Вопросы статистики, 2003. № 11. С. 75-78.
3. Варламов А.А. Повышение эффективности использования земли / А.А. Варламов, С.Н. Волков. М., 1991. 143 с.
4. Волков С.Н. Основы землевладения и землепользования / С.Н. Волков, В.Н. Хлыстун, В.Х. Улюкаев. М.: Колос, 1992. 144 с.
5. Гарманов В.В., Носов С.И., Осипов А.Г., Богданов В.Л. Научно-методические основы эколого-экономической оптимизации сельскохозяйственного землепользования // Экономика природопользования. 2015. №3. С. 43-59.
6. Ландшафтная организация территории: учебное пособие / Лопырев М. И. [и др.] / Воронеж. гос. аграр. ун-т. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2004. 170 с.
7. Колмыков А.В. Экологизация землепользования как фактор повышения эффективности и конкурентоспособности сельского хозяйства / А.В. Колмыков, Е.В. Пшибыш // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 3. С. 117-125.
8. Колмыков А.В. Научные и методологические основы совершенствования землеустройства сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь. Монография / А.В. Колмыков. М.: ГУЗ, 2014. 276 с.
9. Шишов Д.А. Землеустроительные действия как основа ландшафтных систем сохранения производительного потенциала нарушенных земель. Теория и практика / Д.А. Шишов, Г.Б. Стрекулев // Известия СПГАУ. 2013. № 33. С. 199-204.
10. Шишов Д.А. Эколого-ландшафтный подход к рационализации систем землепользования в условиях активной техногенной нагрузки на используемые территории // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: Сб. науч. труд. по материалам международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. СПб.: СПГАУ. 2014. С. 326-329.
11. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // В сборнике: Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во Полтехн. ун-та. 2015. С. 189-191.

УДК 631

Н.В. Мильчаков, В.А. Павлова
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В современном мире геодезические работы применяются в различных отраслях хозяйства и быта. Широкое применение геодезические измерения получили в сфере земельно-кадастровых отношений [1, 4, 6, 7]. В настоящее время, важное место занимают геодезические работы, выполняемые для обеспечения строительства. Актуальностью выбранной темы является то, что при строительстве различных сооружений весомое значение имеет точность измерений, которая может быть обеспечена только правильно выполненными геодезическими работами.

Цель данного исследования - рассмотрение порядка выполнения геодезических работ, выполняемых для обеспечения строительства (на примере строительства физкультурно-оздоровительного комплекса).

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- рассмотреть порядок полевых геодезических работ, выполняемых для обеспечения строительства;
- рассмотреть порядок камеральной обработки результатов полевых измерений.

Методы исследования – монографический, картографический, аналитический.

Геодезические работы в строительстве представляют собой комплекс измерений, вычислений и построений на местности, при котором должно обеспечиваться проектное размещение сооружений с необходимой точностью и возведение их конструкций в полном соответствии с геометрическими их параметрами и требованиями нормативных документов.

Геодезические работы в строительстве выполняются в определенном объеме и с указанной точностью, которые обеспечивают при размещении и возведении объектов строительства соответствие геометрических параметров проектной документации требованиям строительных норм и правил.

Геодезические работы – это неотъемлемая часть технологического процесса строительного производства: их следует проводить по проекту и единому графику, увязанному со сроками выполнения специальных, монтажных и общестроительных работ.

Геодезические работы подразделяются на: а) трассировочные; б) разбивочные; в) исполнительные съемки; г) съемочные.

Перед выполнением геодезических работ на месте рабочие чертежи необходимо проверить в части взаимной увязки размеров, отметок (высот) и координат, и они должны быть разрешены к производству техническим надзором заказчика. Съемочные и трассировочные работы предшествуют проектированию строительства и проводятся в период инженерных изысканий.

Геодезические работы следует осуществлять приборами необходимой точности. При этом приборы должны быть поверены и отъюстированы.

Инженерные изыскания для строительства - это работы, проводимые для комплексного изучения природных условий района, участка, трассы проектируемого строительства, площадки, источников водоснабжения и местных строительных материалов и получения достаточных и необходимых материалов для разработки технически обоснованных и экономически целесообразных решений при строительстве и проектировании объектов с учетом рационального использования и охраны окружающей среды [10], а также получения данных для составления прогноза изменений окружающей среды под воздействием строительства и эксплуатации зданий, сооружений и предприятий.

Перед любым строительством необходимо выполнять инженерно-геодезические изыскания. Приступают к выполнению данного работ после получения от проектировщиков технического задания на проведение инженерно-геодезических изысканий. Перед выездом на объект берутся карточки закладки пунктов. Это схематическое изображение места, где заложен пункт, с точными размерами расстояний от стационарных предметов (столб линии электропередач, люк и т.д.). На них отражены абрис, номер пункта, описание местоположения, на некоторых даже размещают фотоснимок. Также для проведения инженерно-геодезических изысканий необходимо иметь каталог координат геодезических пунктов.

Вначале создается планово-высотное обоснование, которое включает в себя: теодолитный ход, техническое нивелирование, топографическую съемку, съемку подземных коммуникаций. Плановое съемочное обоснование топографической съемки создается методом проложения замкнутого теодолитного хода. Длины линий и углы теодолитного хода измеряются электронным тахеометром.

Высотное обоснование для выполнения топографической съемки осуществляется методом технического нивелирования. Техническое нивелирование выполняется нивелиром. В качестве исходных используются пункты полигонометрии. Определение превышений производится нивелиром методом «из середины» с использованием двухсторонних складных реек с шашечными делениями через 1 см.

Тахеометрическая съемка выполняется полярным способом с точек планово-высотного обоснования электронным тахеометром и ведением абриса на каждой станции. Съемка рельефа выполняется в сочетании со съемкой ситуации, определением высот пикетов на всех характерных точках местности. Съемка подземных коммуникаций проводится методом обследования выходов подземных сооружений, инструментальным поиском подземных прокладок при помощи трассоискателя.

После съемки исполнители работ отправляются в офис для обработки данных. Данные полевых измерений непосредственно с электронного тахеометра экспортируют в персональный компьютер, после чего в системе, например «Credo_DAT», получают уравненные координаты и высоты точек планово-высотного обоснования и тахеометрической съемки. На основании этих данных, в соответствии с абрисами съемки в системе, например «AutoCAD», строят цифровую модель местности и рельефа.

Инженерно-геодезические изыскания выполняются в соответствии с действующими нормативными документами:

- Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Москва, 1997 г., СП 11-104-97;
- Условные знаки для топографических планов масштаба 1:5000 – 1:500. Москва, 1989 г.;
- Инженерные изыскания для строительства. Москва, 1996 г., СНиП 11-02-96.

В результате работы составляется отчет, содержащий: пояснительную записку; ведомость координат; нивелирный ход; теодолитный ход; текстовые приложения.

В настоящее время в условиях прогресса, роста городов, освоения новых территорий строительство занимает одно из ведущих мест. А проведение любого строительства невозможно без проведения геодезических и землеустроительных работ, которые будут служить гарантом качественного строительства, а также плановой основой оформления документации на земельный участок [5]. В процессе строительства сооружений методами геодезии наблюдают за вертикальностью стен, горизонтальностью балок, уклонами дорог, высотами плотин, глубиной и уклонами каналов, а в процессе их эксплуатации следят за деформацией и осадками.

Необходимо также отметить важность проведения геодезических работ в строительстве для дальнейшего проведения государственного кадастра недвижимости, предназначенного для обеспечения заинтересованных предприятий, организаций, граждан сведениями о земле в целях организации ее рационального использования и охраны, регулирования земельных отношений, землеустройства, обоснованного начисления размеров платы за землю, оценки хозяйственной деятельности [2, 3, 8].

Результаты и выводы. Авторами установлены (восстановлены) границы земельного участка с закреплением поворотных точек межевыми знаками, определены плоские прямоугольные координаты этих точек и дирекционные углы с одной точки на другую, вычислена площадь земельного участка, необходимая для строительства физкультурно-оздоровительного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гарманов В.В., Богданов В.Л. Информационное обеспечение платности землепользования сельскохозяйственного назначения // Журнал «Науки о Земле». 2015. № 1. С. 63-71.
2. Гарманов В.В., Богданов В.Л., Заварин Б.В. Обоснование экономической целесообразности использования нарушенных земель // Журнал «Науки о Земле». 2015. № 4. С. 7-10.

3. Гарманов В.В. Землеустроительное проектирование. Учеб.-метод. пособие. СПб.: С.-Петерб. гос. ун-т., 2016. 96 с.
4. Козырева Е.В. Экономико-правовые аспекты регулирования земельных отношений в системе использования территорий с особым режимом функционирования // Известия СПбГАУ. 2015. № 38. С. 226-229.
5. Степанова Е.А. Методические основы формирования землепользований сельскохозяйственных организаций // Известия СПбГАУ. 2015. № 39. С. 290-295.
6. Уварова Е.Л. Плановое начало как основа рационального решения вопросов уточнения границ земельных участков. В сборнике: Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. Сборник научных трудов международной НПК профессорско-преподавательского состава. СПбГАУ. 2016. С. 178-182.
7. Шишов Д.А. Некоторые аспекты реализации современной концепции управления земельным фондом Российской Федерации // Сб. науч. трудов СПбГАУ «Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения». СПб.: СПбГАУ, 2016. С. 182-185.
8. Шишов Д.А., Заварин Б.В. Проблемы новой государственной политики использования земельного фонда Российской Федерации // Материалы международного агропромышленного конгресса «Инновации – основа модернизации АПК». СПб., 2012. С. 75-76.
9. Шишов Д.А. Эффективное управление земельными ресурсами и обеспечение продовольственной безопасности в условиях реформирования аграрной сферы экономики / диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / СПбГАУ. Санкт-Петербург, 2005.
10. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // В сборнике: Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во Полтехн. ун-та. 2015. С. 189-191.

УДК 711

Е.Л. Уварова
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В ходе земельной реформы значение такой функции государственного управления, как планирование и прогнозирование использования земельных ресурсов, было принижено, поэтому решения, принимаемые без учета последствий, без составления планов, имели такие пагубные последствия для нашей страны, как потерю устойчивости в развитии социально-экономических процессов.

Устойчивое развитие напрямую зависит от решения проблемы совершенствования управления земельными ресурсами. Земля является природным ресурсом; в процессе хозяйственной деятельности выполняет функции средства производства, предмета социально-экономических связей людей и объекта земельно-имущественных отношений [6]. Несмотря на ее региональное разнообразие по качеству, она повсеместно представляет собой общенародное достояние, которое использует и охраняет проживающее на ней население: используется как базис социального, экономического и экологического пространства. Рациональное использование и охрана земли независимо от ее свойств относятся к обязательным условиям устойчивого развития экономики и природопользования [9].

Цель данной работы - систематизация и анализ существующего территориального планирования, и его совершенствование на основе землеустроительных аспектов организации территории для ее устойчивого развития.

Основным методом исследования действующей системы планирования и ее влияния на устойчивое развитие страны является метод анализа. Существующие проблемы в

экономическом развитии РФ тесно связаны с отсутствием жизнеспособной системы планирования в области землеустройства.

Пространственное (территориальное) измерение процессов развития национальной экономики имеет принципиальное значение для любой страны. Огромная по протяженности и разнообразная по географическим и климатическим условиям территория Российской Федерации является причиной необходимости организации ее рационального использования в рамках территориального планирования. Причем, территориальное планирование выполняет функции не только планирования бюджетных инвестиций в объекты капитального строительства для государственных и муниципальных нужд, но и задает ориентиры для инвестиционного развития территорий. В рамках территориального планирования отражается четкий механизм взаимодействия органов государственной власти и остальными субъектами, заинтересованными в решении пространственных вопросов, обеспечивается прозрачность и предсказуемость намерений органов публичной власти в развитии общественной инфраструктуры, в создании социально значимых объектов и в действиях, способствующих устранению инфраструктурных препятствий для развития бизнеса. Поэтому территориальное планирование является частью всеохватывающего планирования развития страны, обеспечивающего ее устойчивость [3].

Существующая система территориального планирования разрабатывается на основе Градостроительного кодекса [7]. «Территориальное планирование ориентируется на то, что все процессы и явления проявляются на территории», т.е. на объекты, которые обеспечивают жизнедеятельность общества (энергетические, инженерно-транспортные, промышленные и прочие строительные объекты). Однако в круг решаемых задач территориального планирования не включается земля; она не рукотворный, не строительный объект. Планирование использования земли есть не что иное как - определение путей более производительного использования естественных свойств и качеств земель в интересах общества на основе новейших научных достижений [8]. Обоснованные в прогнозах и планах показатели по использованию преимущественно сельскохозяйственных земель (объемы продукции, численность занятого населения, необходимая техника и др.) определяют места строительства и виды инфраструктурных объектов. Именно земельное законодательство нацелено на сохранение земли как природного ресурса и реализацию ее функции пространственного базиса [5].

Фактически планы социально-экономического развития административных территорий, на которые опираются документы территориального планирования, не содержат сведений о распределении и использовании земель на перспективу (10-15 лет), данных о численности населения и совершенствовании системы расселения. Без этих данных размещение на территории административных образований объектов крупного капитального строительства не может считаться обоснованным, а отражение границ вышеназванных элементов - явиться отражением фактического положения. В Градостроительном кодексе РФ даже не используются выражения «использование земель», «система расселения», «природные условия», а также не упоминается перечень показателей, которые должны быть в основе решений о размещении объектов крупного капитального строительства (система расселения, численность и состав населения, объемы производства и потребления продукции, социальная сфера и многое другое). Все эти показатели отражаются в землеустроительном подходе к территориальному планированию [1]. Реализация управленческих решений территориального планирования осуществляется системой землеустроительных проектов [2, 6]

Комплексный системный подход к территориальной организации пространственных ресурсов РФ должен способствовать их устойчивому развитию, создавать условия для обеспечения безопасности и нормальной жизнедеятельности человека, снижать уровень негативных последствий от хозяйственной и иной деятельности на территорию [10],

сохранять и рационально использовать природных ресурсов с учетом интересов как настоящего, так будущих поколений [2]. Поэтому территориальное планирование является архиважными мультизадачным процессом. Нахождение баланса между экономическими, экологическими, социальными и другими интересами общества, которые нередко противоположны по направленности, является целью территориального планирования. Крайне важно при этом обеспечить соблюдение прав конкретных собственников земельных участков и иных объектов недвижимости, не забывая о соблюдении интересов общества в целом, при решении задач организации использования городских и иных территорий.

Выводы. Основная цель территориального планирования – обеспечение устойчивого развития территории - предусматривает не только «обеспечение при осуществлении градостроительной деятельности безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений» [4], но и обеспечение необходимых условий производства, особенно - в сельском хозяйстве.

Дополнив положения градостроительного кодекса в части разработки документов территориального планирования методической частью землеустроительной науки, схема территориального планирования будет более комплексно учитывать разносторонние интересы как населения муниципального района, рассматривающего земельные ресурсы района в качестве места обитания, так и собственников земли, для которых земля не только пространственный базис, но и главное средство производства, оптимизируя процесс управления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. База данных Консультант Плюс. Consultant.ru: официальный сайт компании «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 10.10.2016).
2. Гарманов В.В. Землеустроительное проектирование. Учебно-методическое пособие / Санкт-Петербургский университет; Институт наук о Земле. СПб., 2016. 96 с.
3. Осипов Г.К., Гарманов В.В., Осипов А.Г. Геосистемный подход к рациональному использованию и охране земельных ресурсов при комплексном освоении территории // Региональная экология. 2003. № 3-4. С. 87-90.
4. Павлова В.А. Концептуальные основы территориального природопользования. //Труды IX Международного симпозиума молодых ученых, аспирантов и студентов «Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития». М.: МГУИЭ, 2009. С. 71-74.
5. Степанова Е.А. Методические основы формирования землепользований сельскохозяйственных организаций // СПбГАУ. 2015. № 39. С. 290-295.
6. Сулин М.А., Шишов Д.А. Основы земельных отношений и землеустройства: Уч. пос. СПб.: Проспект Науки, 2015. 320 с.
7. Уварова Е.Л. Основные направления развития планирования и использования земельных ресурсов // Инновации – основа развития агропромышленного комплекса: материалы для обсуждения Международного агропромышленного конгресса. СПб., 2010. С. 107-108.
8. Шишов Д.А., Заварин Б.В., Козырева Е.В. Государственное регулирование земельных отношений – некоторые аспекты правотворческой деятельности // Глобализация и развитие агропромышленного комплекса России: Сб. науч. тр. междунар. НПК, посвящен. 110-летию СПбГАУ. СПб., 2014. С. 272-275.
9. Шишов Д.А., Козлова Т.И. Государственное управление земельными ресурсами в России (на примере Ленинградской области). СПб., 2002. 108 с.
10. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // В сборнике: Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во Полтехн. ун-та. 2015. С. 189-191.

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ
ПРОГРАММЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Социально экономическое развитие региона и развитие отдельных отраслей должны быть связаны единым механизмом, который функционирует в интересах создания условий для жизни с сочетанием рыночных отношений. Разработанные принципы устойчивого развития лежат в основе реализации данного механизма.

Этот механизм лежит в основе землеустройства. Его значимость в настоящее время возрастает; при этом осуществление мероприятий затруднено за счет многоукладности землепользований, тем самым добавляя учет различных условий и факторов в реализации землеустроительных решений. Однако это ничуть не уменьшает значимость землеустройства в реализации управления территориальной социально-экономической системой для достижения устойчивого развития [3, 8]. Встает вопрос поиска инструментов для их реализации с учетом большого количество участников земельных отношений.

Цели работы - описание принципов территориального планирования как основы территориальной социально-экономической системы.

При осуществлении регионального управления необходимо учесть условия среды и территориальных систем. Реализация данного процесса может быть осуществлены через представление системы мероприятий на основе организации территории как землеустройства. Основы землеустройства могут быть выражены в научном обосновании территориального планирования и быть вписаны в современные условия социально-экономической организации территории [1, 7, 9].

Классический подход территориального землеустройства предполагал существование централизованной системы управления, в рамках которого реализовывался принцип рационального полного и эффективного использования земли в сочетании с нормами охраны природных ресурсов. Реализация данного подхода сегодня возможна при сочетании интересов всех участников территориального управления.

Землеустройство представляет собой систему мероприятий, направленную на эффективное полное использование территориальных ресурсов. Его составными частями являются межхозяйственное землеустройство (МХЗ) и внутрихозяйственное землеустройство (ВХЗ). И МХЗ, и ВХЗ отвечали задачам эффективности, которая лежит в основе современных рыночных условий: при том в механизм включались мероприятия по предотвращению вредных последствий от использования ресурсов [2, 5, 10].

Общие понятие содержания и принципы землеустройства сформулированы М.А. Сулиным. В зависимости от разнообразия и направленности конкретных целей, задач, форм и методов осуществления землеустроительных мероприятий проявляется многогранность межхозяйственного землеустройства. При проведении межхозяйственного землеустройства осуществляется два направления: во-первых, это рациональная и эффективная организация использования земельного фонда как объекта хозяйствования; во-вторых, это территориальная организация производства во всех отраслях и сферах деятельности. Первое достигается посредством регулирования процессов перераспределения земель и формирования системы землевладений и землепользований в рациональных пропорциях. Второе обеспечивает предоставление земельных участков для предприятий сельского, лесного хозяйства, промышленности, энергетики, связи, транспорта и других отраслей. В целом достигается общая цель, и решается единый комплекс задач, которые

направлены на создание территориальных условий территориального развития всех форм хозяйствования на земле, формирование и совершенствование рациональной системы землепользования; обоснованность, точность и бесспорность границ; установление режимов использования земельных участков, разработка мероприятий по охране земель и других природных ресурсов [6]. Практическое решение обозначенных задач реализуется посредством составления землеустроительных проектов [2]. Б.Б. Родоман сформулировал понятие территориальной системы как множества предметов, обладающих различными горизонтальными географическими координатами и связанных между собой потоками веществ, энергии и информации, которое в отношениях с внешним миром поступает как единое целое [4].

На основе анализа социально-экономической и природной системы, а также особенностей закономерности расселения, территориально-промышленной, территориально-хозяйственной системы, финансово-инвестиционной система составлена схема для того, чтобы в дальнейшем предложить алгоритм системного подхода, учитывающий интересы различных сфер хозяйствования.

Выводы. В рамках концепции устойчивого развития необходимо обеспечить сохранение ресурсного потенциала территории и, вместе с тем, - его задействование в развитие как природной, так и социально экономической системы. Именно поэтому недостатки можно решать через разработку региональных программ развития АПК. Схема представляет собой сочетание территориальных структур с землеустройством как базисом для развития различных комплексов. Данная модель позволит осуществить алгоритм совершенствования землепользования АПК и, как следствие, - обеспечить развитие региона в целом. В рамках дальнейшего исследования автор считает необходимым разработать модель комплексной организации территории АПК. Именно поэтому необходимо предложить территориальную схему, сочетающую системы разных уровней и установить связи.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богданов В.Л., Гарманов В.В., Рябов Ю.В. Повышение эффективности землепользования // Известия СПбГАУ. 2012. № 26. С. 295-302.
2. Гарманов В.В. Землеустроительное проектирование. Учебно-методическое пособие / Санкт-Петербургский университет; Институт наук о Земле. СПб., 2016. 96 с.
3. Заварин Б.В., Шишов Д.А. Право собственности на землю в исторических традициях в России // Известия СПбГАУ. 2011. № 23. С. 320-323.
4. Родоман Б.Б. Территориальные ареалы и сети. Смоленск, 1999.
5. Степанова Е.А. Методические основы формирования землепользований сельскохозяйственных организаций // Известия СПб государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 290-295.
6. Сулин М.А. Землеустройство. М.: Издательство «Колос», 2009. 402 с.
7. Павлова В.А. Концептуальные основы территориального природопользования // В сборнике: Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития. Труды IX Международного Симпозиума молодых ученых, аспирантов и студентов. М., 2009. С. 71-74.
8. Уварова Е.Л. Сущность и современное содержание рационального и эффективного использования земельных ресурсов // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2016. № 2. С. 24-27.
9. Шишов Д.А. Некоторые аспекты реализации современной концепции управления земельным фондом Российской Федерации // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава: Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. СПб.: Издательство СПбГАУ, 2016. С. 182-185.
10. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // В сборнике: Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во Полтехн. ун-та. 2015. С. 189-191.

ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ НАРУШЕНИЯ (ЗАГРЯЗНЕНИЯ) ЗЕМЕЛЬ

Общая эффективность мероприятий в сфере землепользования оценивается как совокупность экологической, экономической, социальной и технологической эффективности; используется также понятие эколого-экономической эффективности в совокупности с социальной и технологической эффективностью. Для земель, подвергшихся (или потенциально подверженных) воздействию негативных (вредных) природных, антропогенных и техногенных явлений, необходимо определить отрицательную эффективность – ущерб от данных явлений. При этом экологический ущерб может быть оценен уровнем превышения предельно допустимых концентраций загрязнителей, ухудшением гидрогеологических условий территорий, снижением плодородия сельскохозяйственных почв, ухудшением качества производимой продукции растениеводства на таких землях и др.

По данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2013 году» загрязнение земель токсикантами промышленного происхождения (ТПП) – тяжелыми металлами (ТМ), мышьяком, фтором, нефтью и нефтепродуктами (НП), сульфатами, нитратами, бенз(а)пиреном выявлено в регионах с промышленными, химическими и другими, потенциально опасными к загрязнению, производствами.

Цель работы – предложить совершенствование методики оценки эколого-экономического ущерба от нарушения (загрязнения) земель.

Характеристики экологического ущерба целесообразно использовать как промежуточный параметр, отражающий степень нарушенности (загрязненности) земель и необходимый для определения затрат на восстановление или консервацию земель. Определения ущерба от нарушения (загрязнения) земель требуется для установления размера затрат на проведение мероприятий по предупреждению и/или устранению последствий негативных явлений. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба, Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель и Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами [6, 7, 8] ориентированы на определение экономического ущерба. Поэтому, при определении ущерба от воздействия негативных (вредных) природных, антропогенных и техногенных явлений используется понятие эколого-экономического ущерба [1].

Традиционно обоснование экономической целесообразности использования земель, подвергшихся (или потенциально подверженных) воздействию негативных (вредных) природных, антропогенных и техногенных явлений, выполняется путем сопоставления затрат на устранение негативных последствий этих отрицательных явлений и ожидаемых выгод (получения потенциального чистого дохода) от реализации природно-восстановительных и природоохранных мероприятий [2, 3, 14].

Решение проблемы предлагается выполнять для земель разных категорий. Такое разделение обусловлено различными целями возвращения земель в активный оборот и организации их рационального использования, т.е. создания условий для оптимального землепользования [11-13].

Используемые в настоящее время методики определения эколого-экономического ущерба нарушения земель являются весьма сложными и трудоемкими. В основе расчета размера эколого-экономического ущерба лежат нормативы затрат на освоение земель. Для упрощения расчетов в условиях рыночной экономики предлагается использовать рыночные методы. Это позволит более эффективно использовать земельные ресурсы [9, 10].

Эколого-экономический ущерб от нарушения земель (ухудшения и разрушения почв и земель) под воздействием антропогенных факторов выражается в деградации почв и земель, загрязнении земель химическими веществами и ядохимикатами, загрязнении земель радионуклидами, захлавлении земель несанкционированными свалками, другими видами несанкционированного размещения отходов. Показатели нормативов стоимости сельскохозяйственных земель в используемых формулах устарели. В современных условиях рыночной экономики и платности землепользования норматив стоимости освоения земель следует заменить на рыночную стоимость земель (C_p), подвергшихся загрязнению и захлавлению (до того, как они были загрязнены и захлавлены) [6]. И тогда формула размера предотвращаемого ущерба от загрязнения ($\hat{O}_{i\delta\delta}^i$) примет вид:

$$\hat{O}_{i\delta\delta}^i = \sum_{i=1}^N (C_p S_i K_{\hat{Y}} \hat{E}_i) \hat{E}_{\delta n},$$

где C_p - рыночная стоимость земель по состоянию до загрязнению; S_i - площадь земель, которую удалось предотвратить от загрязнения химическим веществом i -го вида в отчетном году, га; $K_{\hat{Y}}$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории [6]; K_n - коэффициент для особо охраняемых территорий [6]; K_{Xn} - повышающий коэффициент за предотвращение (ликвидацию) загрязнения земель несколькими (N) химическими веществами.

В рыночных условиях землепользование базируется на принципе платности [2, 4, 5, 9], и логично было бы рассчитывать ущерб от загрязнения и захлавления земель в двух возможных вариантах:

1-й вариант - если под воздействием загрязнения и захлавления земля выбыла из оборота навсегда, то необходимо определить ее рыночную стоимость до момента негативного воздействия плюс упущенную выгоду за максимальный период возможной аренды (с учетом дисконтирования за 49 лет), а также - затраты на консервацию;

2-й вариант - если нарушенная земля будет возвращена в оборот посредством рекультивации, то ущерб будет равен стоимости этой рекультивации плюс упущенная выгода за период, когда земля находилась в нарушенном состоянии, и период полной рекультивации (технический и биологический этапы рекультивации - 5-8 лет) [13].

Выводы. Для 1-го варианта экономического ущерба от загрязнения и захлавления земель ($Y_{\delta 1}$) можно отобразить соотношением:

$$Y_{\delta 1} = C_p + C_k + B_y,$$

где: C_p - рыночная (кадастровая) стоимость земельного участка до его загрязнения и захлавления; C_k - стоимость консервации нарушенных земель; B_y - упущенная выгода за максимальный период возможной аренды (с учетом дисконтирования за 49 лет).

Для 2-го варианта эколого-экономический ущерб от загрязнения и захлавления земель ($Y_{\delta 2}$) можно отобразить соотношением:

$$Y_{\delta 2} = C_{рек} + B_y,$$

где $C_{рек}$ - затраты на рекультивацию; B_y - упущенная выгода за период неиспользования нарушенных земель и период полной рекультивации (технический и биологический этапы рекультивации - 5-8 лет) с учетом дисконтирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Арефьев Н.В., Гарманов В.В., Осипов А.Г., Трушников В.Е. Ландшафтно-экологическое районирование и мониторинг земель Ленинградской области // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 11. С. 303-311.
2. Богданов В.Л., Гарманов В.В., Рябов Ю.В. Повышение эффективности землепользования // Известия СПб государственного аграрного университета. 2012. № 26. С. 295-302.
3. Богданов В.Л., Гарманов В.В., Тимофеева Ю.Р., Терлеев В.В., Баденко В.Л. Динамика нарушенных земель и качественного состава хвостов на горно-обогатительном комбинате // В сборнике: Сборник докладов молодежной НПК в рамках «XLIII Недели науки СПбПУ». 2014. С. 34-36.
4. Гарманов В.В., Богданов В.Л., Заварин Б.В. Обоснование экономической целесообразности использования нарушенных земель // Журнал «Науки о Земле». 2015. № 4. С. 7-10.
5. Гарманов В.В. Землеустроительное проектирование. Учебно-методическое пособие / Санкт-Петербургский университет; Институт наук о Земле. СПб., 2016. 96 с.
6. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. Утверждена Госкомитетом Российской Федерации по охране окружающей среды 09 марта 1999 г.
7. Методика определения размера ущерба от деградации почв и земель. Письмо Роскомзема от 29.07.1994 N 3-14-2/1139.
8. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. Утв. Роскомземом 10 ноября 1993 г. и Минприроды РФ 18 ноября 1993 г.
9. Рязанов Ю.В., Ковязин В.Ф., Богданов В.Л. Эколого-хозяйственная оценка земель природоохранного и рекреационного назначения Карельского перешейка // Вестник СПбГУ. Серия 7. 2009. № 2. С. 58-65.
10. Терлеев В.В., Полуэктов Р.А., Бакаленко Б.И. Структура информационного обеспечения модели производственного процесса сельскохозяйственных культур // Агрофизика. 2012. № 2. С. 29-36.
11. Уварова Е.Л. Основные направления развития планирования и использования земельных ресурсов // В сборнике: Инновации – основа развития агропромышленного комплекса материалы для обсуждения Международного агропромышленного конгресса. СПбГАУ, ОАО «Ленэкспо». 2010. С. 107-108.
12. Шишов Д.А., Козлова Т.И. Государственное управление земельными ресурсами в России: Учебно-практическое пособие. СПб.: Издательство ИПиП, 2002. 108 с.
13. Шишов Д.А., Заварин Б.В. Проблемы новой государственной политики использования земельного фонда Российской Федерации // В сборнике: Инновации - основа модернизации АПК. Международный агропромышленный конгресс: материалы для обсуждения. Северо-Западный региональный научный центр РАСХН. СПб.: СПбГАУ, 2012. С. 75-76.
14. Arefiev N., Garmanov V., Bogdanov V. et al. A market approach to the evaluation of the ecological-economic damage dealt to the urban lands // Procedia Engineering. 2015. Vol. 117. PP. 26-31.

УДК 332.2

Н.Ю. Данилина
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Проблеме обоснования наилучшего варианта организации использования земель посвящено значительное число работ [10-15]. Однако методика определения социально-эколого-экономической эффективности землепользования требует улучшения. Основной целью совершенствования такой методики должна быть технология организации территории, обеспечивающая получение максимального социально-эколого-экономического эффекта от использования имеющихся ресурсов (R), совокупность которых может быть представлена в виде [2, 3, 11]:

$$R = R_l + R_c + R_a + R_t + R_w + R_f ,$$

где: R_l - природные ресурсы (земля и вода); R_c - биологические ресурсы растениеводческой отрасли (состав и площадь возделываемых сельскохозяйственных культур с их урожайностью, мелиоративным воздействием на землю, устойчивостью к болезням); R_a - биологические ресурсы животноводческой отрасли (виды и поголовье сельскохозяйственных животных, их продуктивность, выход навоза для восстановления плодородия земель и др.); R_t - материально-технические ресурсы (машины, механизмы, материалы, горюче-смазочные материалы, здания и сооружения); R_w - трудовые ресурсы (постоянные и временные наемные работники, оказание трудовых услуг и др.); R_f - финансовые ресурсы (собственные средства, кредиты, выручка и финансовые затраты на покупку и аренду ресурсов).

Земля в данном случае рассматривается во всех ее аспектах: правовом, экологическом, социально-экономическом и технологическом [5]. Центральным элементом данной модели

$$\sum_1^k I_k (P_{sk} + P_{ck}) \leq N_p + N_e - N_a + R_l$$

является баланс производительной способности земельных ресурсов. Левая часть неравенства – это расход имеющегося потенциала плодородия земель в процессе возделывания сельскохозяйственных культур: I_k - нормативы минерализации гумуса и выноса основных элементов питания растений (N , P , K) из почвы при возделывании определенных (k -ых) сельскохозяйственных культур; P_{sk} и P_{ck} – объемы производства k -го вида продукции растениеводства, предназначенной для продажи (P_{sk}) и для собственного потребления (P_{ck}). Правая часть неравенства – это возможные пути восполнения (воспроизводства) плодородия земель: N_p – воспроизводство плодородия почвы за счет природоохранной организации территории, почвозащитной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, предусматривающей внесение в почву растительных остатков; N_e – восполнение потенциала плодородия за счет внесения минеральных и органических удобрений, мелиорантов и пестицидов; N_a – возможное загрязнение окружающей среды в процессе сельскохозяйственного производства (животноводческими стоками, ядохимикатами); R_p – использование собственных ресурсов (имеющихся в наличии или ранее закупленных).

Цель работы – определение социально-эколого-экономической эффективности организации использования мелиорированных земель.

Определение социально-эколого-экономической эффективности землепользования предлагается выполнять с учетом следующих принципов.

1. Расширенное воспроизводство природных ресурсов. Для расширенного воспроизводства природных ресурсов, а также средств производства и производственных отношений нам необходима структура природно-аграрной системы, которая будет способна на достижение вышеизложенных целей.

2. Ограниченность природных ресурсов. Объемы сельскохозяйственного производства основываются на уже имеющихся природных ресурсах – земли, воды и тепла; также не исключена и аренда данных природных ресурсов.

3. Финансовая сбалансированность. Современная рыночная экономика навязывает необходимость финансового сбалансирования возможностей сельскохозяйственного предприятия, в том числе и потребность экологической безопасности сельскохозяйственного производства.

4. Взаимосвязь экономической и технологической составляющих производственного процесса. Формой собственности на землю и средства производства обуславливаются форма хозяйствования и соответствующая ей форма землепользования.

5. Максимальный экономический эффект производства. Система «коллектив производства» должна быть максимально направлена на получение максимальной прибыли,

путем повышения эффективности использования труда для того, чтобы добиться достаточно необходимого обеспечения внешних экономических связей (покупка удобрений, материалов и др., продажа произведенной продукции).

6. Экологическая допустимость производства. Сельскохозяйственное производство должно базироваться на основе высокой культуры земледелия, которое обязано обеспечивать экологическое равновесие и воспроизводство используемых природных ресурсов (площади земель, плодородия почв, поливной воды и др.) при возделывании сельскохозяйственных культур [9].

Чтобы оценить эффективность использования земель, используются реальные показатели, позволяющие отобразить действительную ситуацию. Она (система показателей) дает возможность произвести комплексный анализ, выработать точные и достоверные выводы. Также с помощью этих данных можно определить направления, которые способствуют возрастанию эффективности использования земель.

Доступные на данный момент классификации показателей эффективности использования земель рассмотрим на основе земель сельскохозяйственного назначения. Они включают следующие группы показателей: экономическая эффективность; социальная эффективность; экологическая эффективность [2, 4, 7, 8]. Критерием оптимальности является прибыль (A) от функционирования природно-аграрной системы:

$$A = G - E \quad \max,$$

где: G – величина выручки; E – величина затрат.

В результате решения оптимизационной задачи рассчитываются: объемы продаж продукции растениеводческой и животноводческих отраслей; структура посевных площадей; потребность в покупке аренде средств производства (с.-х. машин, автотранспорта, животноводческих помещений, семян, удобрений и др. видов ресурсов); оценка эффективности вовлекаемых в производство ресурсов; ожидаемый размер прибыли [1, 6].

Выводы. Решение созданной экономико-математической модели обеспечивает проектирование оптимальной структуры природно-аграрной системы, позволяющей достигать главную цель сельскохозяйственного производства – получение максимальной прибыли, используя для этого имеющиеся у предприятия, закупаемые или арендуемые ресурсы (природные, трудовые, материальные, финансовые), с учетом выполнения заключенных договоров на поставку продукции, структуры цен и лимитов на ресурсы. При этом в качестве приоритетного требования выступает обеспечение рационального природопользования, функционирования производства, включающей: оптимальный уровень интенсивности использования земельных и водных ресурсов, полную утилизацию отходов сельскохозяйственного производства и воспроизводство плодородия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богданов В.Л., Гарманов В.В., Рябов Ю.В. Повышение эффективности землепользования // Известия СПб государственного аграрного университета. 2012. № 26. С. 295-302.
2. Гарманов В.В., Носов С.И., Осипов А.Г., Богданов В.Л. Научно-методические основы эколого-экономической оптимизации сельскохозяйственного землепользования // Экономика природопользования. 2015. № 3. С. 43-59.
3. Гарманов В.В., Загорский М.Ю. Оптимизация структуры природно-аграрных систем (сельхозпредприятий) // В сборнике: Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата: Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Агрофизического НИИ. 2012. С. 224-229.
4. Гарманов В.В., Богданов В.Л., Рябов Ю.В., Баденко В.Л., Загорский М.Ю. Оценка эколого-экономического ущерба от нарушения земель // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2015. Вып.4. С. 136-144.
5. Гарманов В.В. Землеустроительное проектирование. Учеб.-метод. пособие. СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т., 2016 96 с.

6. Гарманов В.В. Богданов В.Л. Информационное обеспечение платности землепользования сельскохозяйственного назначения // Науки о Земле. 2015. № 1. С. 63-71.
7. Мишина З.А. Повышение эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения. Автореф. дис. канд. экон. наук. Княгинино, 2012. 24 с.
8. Наймушина Е.А. Принципы организации территориального ресурса в стратегическом проектировании устойчивого развития территории / Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. СПб.: СПбГАУ, 2016.
9. Павлова В.А. Роль землеустроительных мероприятий в обеспечении экологической безопасности использования земли // Земельный вестник России. 2004. № 1. С. 30-33.
10. Степанова Е.А. Землепользование: понятие и содержание на современном этапе // Вопросы использования и охраны земли в условиях реформирования земельных отношений: Сборник научных трудов факультета землеустройства. СПб.: СПбГАУ, 2001. С. 25-29.
11. Сулин М.А., Шишов Д.А. Основы земельных отношений и землеустройства: Уч. пос. СПб.: Проспект Науки, 2015. 320 с.
12. Уварова Е.Л. Основные направления развития планирования и использования земельных ресурсов // Инновации – основа развития агропромышленного комплекса: материалы для обсуждения Международного агропромышленного конгресса. СПб., 2010. С. 107-108.
13. Шишов Д.А., Шишов А.Д., Козырева Е.В. Некоторые вопросы реализации государственной земельной политики в системе рационализации инвестиционной деятельности // Юридическая мысль. 2013. № 5 (79). С. 120-127.
14. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // В сборнике: Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во Полтехн. ун-та. 2015. С. 189-191.
15. Arefiev N., Garmanov V., Bogdanov V., et al. A market approach to the evaluation of the ecological-economic damage dealt to the urban lands // Procedia Engineering. 2015. Vol. 117. PP. 26-31.

УДК 332.2

С.Ю. Большакова, Е.А. Юдин
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

Геоинформационные системы (ГИС) - системы сбора, хранения, обработки, доступа, анализа, интерпретации и графической визуализации пространственных данных. Они лежат в основе геоинформационных технологий (ГИС-технологий), т.е. информационных технологий обработки и представления пространственно-распределенной информации.

ГИС-технологии представляют собой мощный инструмент для работы и наглядного представления информации. Обладая широким спектром возможностей, а именно - являясь уникальными редакторами растровой и векторной графики, - ГИС способны обеспечить проведение аналитических операций и зарекомендовали себя в качестве эффективного средства решения задач в области картографии, геологии, муниципального управления, экологии, транспорта, промышленности, сельского и лесного хозяйства, а также - землеустройства [1, 3, 6].

ГИС-технологии в землеустройстве дают возможность использовать для ввода и обновления сведений в базе данных современные электронные средства геодезии и системы глобального позиционирования (ГСП), а значит - постоянно иметь самую точную и свежую информацию. Специальные средства позволяют проводить аналитическую обработку данных, моделируя различные события (например, создание территориальных условий для совершенствования производительных сил страны); приспособление территории для развития

инженерной инфраструктуры, размещение и совершенствование землепользований предприятий; организацию использования земли как возобновляемого природного ресурса [4].

Цель работы – анализ возможности использования ГИС-технологий в землеустройстве.

Землеустроительное проектирование выполняют по утвержденным методикам, учитывают интенсивность движения автотранспорта, ширину проектной полосы отвода (СНиПы), ширину охранной зоны, геологические условия территории и пр., а также производят экономическую оценку различных вариантов размещения границ вновь образуемых земельных участков [2]. С помощью ГИС-технологий эти и многие другие землеустроительные задачи решаются быстрее и эффективнее. При территориальном землеустройстве проектирование завершается составлением межевого плана и постановкой земельного участка на государственный кадастровый учет. Специалист по землеустроительному проектированию должен обладать весьма широкими знаниями общепрофессиональных и специальных дисциплин.

Одним из наиболее популярных пакетов на рынке настольных геоинформационных систем является ГИС MapInfo, которая предназначена для: создания и редактирования карт; визуализации и дизайна карт; создания тематических карт; пространственного и статистического анализа графической и семантической информации; геокодирования; работы с базами данных (в том числе - через Open Database Connectivity); вывода карт и отчетов на принтер/плоттер или в графический файл; территориального планирования и проектирования.

Из очевидных плюсов программы MapInfo можно выделить простоту в освоении продукта. Программа содержит все необходимые стандартные функции, такие как: векторный редактор, работа с атрибутикой и базами данных, работа с растром, геопривязка, поддержка географических проекций, тематическая интерпретация, подготовка макета печати, загрузка файлов, развитые функции импорта/экспорта и т.д. Минусы этой программы достаточно сложно определить: возможно, - это не самый дружелюбный интерфейс.

Альтернативным геоинформационным продуктом является ГИС «Панорама». Данная ГИС является неким комплексом программных продуктов, которые, в свою очередь, были разработаны для обеспечения информационной поддержки принятия решений в градостроительной и землеустроительной сферах деятельности. Одним из распространенных программных пакетов является разработанная в России ГИС Карта-2011. Этот программный продукт по созданию и редактированию электронных карт любой сложности (в том числе - карт, используемых в сельском хозяйстве и в точном земледелии), измерению, ведению базы данных, формированию картограмм по характеристикам базы данных. При работе используются три основных модификации программы [5].

1. Настольная ГИС «Карта 2011» – самое недорогое программное обеспечение для решения базовых задач.

2. Панорама-Редактор - среднее по цене и функциональным возможностям программное обеспечение.

3. Профессиональная ГИС «Карта 2011» - профессиональный программный продукт с полным пакетом функциональных возможностей для создания электронных карт любой сложности.

В настоящее время программа Карта-2011 обладает наилучшим соотношением «цена-качество». Профессиональная ГИС Карта-2011 позволяет решать следующий ряд задач: 1) построение трехмерной модели местности; 2) построение мозаики (процесс объединения отдельных изображений в единое изображение); 3) построение ортофотопланов.

К положительным моментам профессиональной ГИС Карты-2011 можно отнести то, что с программным продуктом в комплекте идет своеобразная базовая настройка для

программного продукта: классификаторы; инструменты для импорта в программу; связь между отдельными компонентами, такими как крупномасштабный конвертер, геодезический редактор; подготовка к изданию. Минус продукта заключается в неудобных инструментах редактирования карты и классификатора.

По мнению отечественных специалистов, ГИС схемы территориального планирования Российской Федерации в целях обеспечения безопасности необходимо создавать в системах координат и программных продуктах собственного, т.е. - российского производства - с необходимой степенью защищенности [5].

Еще одной альтернативной ГИС MapInfo системой является Quantum GIS (QGis), которая используется при проведении землеустроительных работ. Quantum GIS (QGis) – свободная географическая информационная система с открытым кодом. Программы с открытым исходным кодом пользуются огромной популярностью.

Анализируя различные ГИС-продукты, можно сделать прийти к заключению, что у ГИС-продуктов с открытым исходным кодом такие же преимущества и недостатки, как и у остальных геоинформационных программ. Плюсом является почти бесплатная лицензия и доступ к исходному коду. Выбор платного или бесплатного способа распространения программного обеспечения остается за его авторами. Это отличная система для ведения пространственных баз данных мониторинга подтопления территорий. Программы позволяют быстро менять кодировки, разбивать объекты по атрибутам, просматривать большое количество ранее созданных интерактивных карт. Однако, в большинстве случаев отсутствует хорошо проработанная документация, нет средств установки и поддержки, и в большинстве случаев приложение недостаточно стабильно, чтобы использовать его на производстве. Ко всему прочему, функциональные возможности геоинформационного продукта с открытым кодом пока еще отстают от своих коммерческих аналогов.

Геоинформационные системы позволяют эффективно работать с картографическими данными, которые имеют привязку к земному шару. QGIS является одним из примеров того, как некоммерческие проекты находят повсеместное воплощение. QGIS - это упрощенный и бесплатный аналог ГИС-Карты 2011 и MapInfo, разработанный для Windows, MacOS, Linux. Возможности QGIS: 1) просмотр данных; 2) исследование данных и компоновка карт; 3) управление данными (создание, редактирование и экспорт); 4) анализ данных; 5) публикация карт в сети Интернет; 6) расширение функциональности QGIS с помощью модулей расширения.

Выводы. Определенный опыт использования ГИС-технологий в землеустройстве, кадастре недвижимости и мониторинге земель позволяет сделать ряд выводов.

1. Геоинформационные системы MapInfo, Карта 2011 или QGIS дают возможность в полном объеме перевести производственный процесс в землеустройстве, кадастре недвижимости и мониторинге земель на информационные технологии, одним из элементов которых являются ГИС [2, 7].

2. Картографическое обеспечение ведения кадастра недвижимости базируется на ГИС-технологиях.

3. Учитывая сходные характеристики различных пакетов ГИС, целесообразно изучить возможность расширения внедрения в землеустроительное производство программного обеспечения ГИС-технологий российского (ГИС Карта 2011) и открытого некоммерческого (QGIS) производства [8].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богданов В.Л., Гарманов В.В., Тимофеева Ю.Р., Терлеев В.В., Баденко В.Л. Динамика нарушенных земель и качественного состава хвостов на горно-обогатительном комбинате // В сборнике: Сборник докладов молодежной научно-практической конференции в рамках «XLIII Недели науки СПбПУ». 2014. С. 34-36.

2. Гарманов В.В. Землеустроительное проектирование. Учеб.-метод. пособие. СПб.: С.-Петерб. гос. ун-т., 2016 96 с.
3. Осипов А.Г., Гарманов В.В., Генгут И.Б. Геоинформационное обеспечение эколого-мелиоративного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения //Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2016. № 1 (132). С. 38-43.
4. Осипов Г.К., Гарманов В.В., Осипов А.Г. Геосистемный подход к рациональному использованию и охране земельных ресурсов при комплексном освоении территории // Региональная экология. 2003. № 3-4. С. 87-90.
5. КБ Панорама Геоинформационные технологии [Электронный ресурс] // Профессиональная ГИС Карта 2011 URL:-http://www.gisinfo.ru/products/map2011_prof.htm (дата обращения 20. 02.16).
6. Пикина Е.В., Рябов Ю.В., Гарманов В.В. Информационные технологии при мониторинге нарушенных земель // XLI Неделя науки СПбГПУ: материалы научно-практической конференции с международным участием. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2012, С. 361-362.
7. Сулин М.А., Шишов Д.А. Основы земельных отношений и землеустройства. СПб.: Проспект Науки, 2015. 320 с.
8. ГИС-ГеоИнформационныеСистемы [Электронный ресурс]
URL: http://www.gissystem.ru/index/mapinfo_professional_geoinformacionnaja_sistema/0-4 (дата обращения (20.02.16)).

УДК 528.4

А.А. Шпаков, А.Р. Грик
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ И КАДАСТРОВЫХ РАБОТАХ

Одним из способов решения задачи определения координат поворотных точек границ земельных участков является использование высокоточного спутникового оборудования, которое позволяет определить плоские координаты и высоту точки местности по измеряемым таким оборудованием кодовым и фазовым псевдодальностям до определенных спутников на геостационарной орбите. Местоположение точки устанавливается с использованием глобальных навигационных спутниковых систем, как из абсолютных, так и из относительных определений. Актуальность данной работы обусловлена интенсивным развитием спутниковых технологий и отечественной спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС [11].

Цель работы - выявление особенностей и анализ наиболее значимых и актуальных проблем, связанных с определением координат точек при помощи спутниковых навигационных систем.

При выполнении относительных спутниковых определений используется не менее двух приемников. Первый является базовой станцией, а остальные - подвижными. Один приемник (база) всегда стоит на месте: обычно - на пункте с известными координатами. Наблюдения спутников базовой и подвижными станциями осуществляют приёмами, объединёнными в сеансы. В практике сложилось несколько методов относительных спутниковых определений.

Статический - выполнение измерений подвижной станцией осуществляется на каждой точке по одному разу с продолжительностью сеанса не менее 60 мин. Этот метод применяется при съемках, когда высота сечения рельефа 0,5 м: он технико-экономически более целесообразен по сравнению с нивелирными работами.

Быстрый статический – измерения выполняются так же, как и при статическом, но с продолжительностью сеанса от 5 до 20 мин. Этот метод является основным при производстве работ по развитию съёмочного обоснования.

Реокупация – наблюдения подвижной станцией на точке выполняют двумя приемами не менее 10 мин каждый. Между выполнением приемов необходимо выдержать интервал от 60 до 240 мин. Оборудование менять нельзя. Заменяет быстрый статический метод, когда по погодным условиям или экономическим причинам выгоднее сделать два кратковременных приема.

Кинематика – метод, который подразумевает непрерывную работу передвижного приемника во время выполнения определений на точке и между такими наблюдениями. Разновидностями такого метода является способ «стой-иди» и способ непрерывной кинематики.

Кинематика и реокупация называются динамическими методами. Обязательным условием при выполнении спутниковых определений является непрерывное наблюдение базовой и подвижной станцией не менее четырех различных спутников космического сегмента навигационной системы (систем); при использовании динамических методов необходимое количество спутников – пять. Сами спутники могут меняться. Рекогносцировка и закрепление пунктов съёмочного обоснования выполняется с учётом общей пригодности местности к измерениям при помощи спутниковых систем.

После выполнения необходимых измерений производится обработка полученных данных. В обработке данных можно выделить следующие этапы:

- 1) первичная обработка – решение неоднозначностей полученных фазовых псевдодальностей (расстояний от спутника до приемника), получение координат в системе координат спутниковой системы и оценка их точности;
- 2) перевод полученных координат в требуемую систему координат;
- 3) уравнивание геодезических построений и оценка точности полученных координат.

Решение геодезических задач в процессе землеустройства с применением спутниковых технологий является самым технологически сложным процессом. Это связано, прежде всего, со сложностью устройства, как аппаратуры пользователя, так и спутниковых систем в целом. При решении этих задач следует отметить проблемы, связанные с использованием спутниковых навигационных систем в землеустроительных и кадастровых работах, и в частности – для вычисления координат характерных точек объектов учета.

Проблемы использования спутниковых навигационных систем при решении задач геодезии, землеустройства и кадастра связаны с невозможность их применения в значительном диапазоне работ. Это обусловлено тем, что сигнал, получаемый приемником, имеет волновое строение и, как все колебания в природе, искажается при прохождении вблизи различных объектов, особенно – объектов электромагнитного и иных видов излучений.

Искажения при прохождении сигнала через атмосферу минимизируются путем наложения дополнительных фильтров и программной обработкой; иные искажения, связанные с технологическими особенностями навигационных систем, также минимизируются с помощью программного обеспечения. Сложнее всего бороться с искажениями, связанными с природными объектами или деятельностью человека. Например, сигнал будет сильно искажен, если производить измерения под ЛЭП, вблизи лесного массива, озера, в кварталах многоэтажной застройки и т.д. В настоящее время данная проблема не решена.

Широко используются спутниковые навигационные системы при внедрении информационных технологий в решение прикладных задач по:

- мониторингу земель [1, 2, 6];
- выносу на местность проектов землеустройства, и в частности – установлению на местности проектных границ отвода земельных участков для различных объектов, полос отвода земель линейных объектов [3, 8];

– выносу на местность проектов внутрихозяйственного землеустройства [5, 7, 9, 10].

Логическим дополнением инструментария для выполнения землеустроительных и кадастровых работ на базе информационных технологий, повышающего оперативность создания картографической основы и производительность труда, является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [4].

Помимо вышеописанных проблем важно отметить проблему стоимости геодезического оборудования. Комплект (базовая станция и переносная) в розницу стоит от 1,5 млн. руб. При такой стоимости окупить затраты достаточно проблематично. Такая стоимость обусловлена тем, что оборудование – импортное, очень сложное и технологически совершенное.

Выводы. Использование спутниковых навигационных систем для решения всего спектра прикладных задач геодезии в рамках землеустройства и кадастра недвижимости затруднительно в ряде случаев ввиду технологической специфики самих навигационных систем. Как любая технология спутниковые навигационные системы имеют ряд преимуществ и недостатков. В данной работе отмечены основные недостатки рассмотренной системы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Баденко В.Л., Гарманов В.В., Богданов В.Л., Терлеев В.В. Современные технологии мониторинга нарушенных земель в политехническом образовании по специализации «маркшейдерское дело» // В сборнике: Современные технологии и развитие политехнического образования. Электронный ресурс. 2015. С. 146-150.
2. Богданов В.Л., Гарманов В.В., Тимофеева Ю.Р. и др. Динамика нарушенных земель и качественного состава хвостов на горно-обогатительном комбинате // В сборнике: Сборник докладов молодежной научно-практической конференции в рамках «XLIII Недели науки СПбПУ». 2014. С. 34-36.
3. Гарманов В.В., Землеустроительное проектирование. Учебно-методическое пособие / Санкт-Петербургский университет; Институт наук о Земле. СПб, 2016. 96 с.
4. Ковязин В.Ф., Богданов В.Л., Гарманов В.В., Осипов А.Г. Мониторинг зеленых насаждений с применением беспилотных летательных аппаратов // Аграрный научный журнал. Изд-во Саратовского гос. аграрного университета, 2016. № 4. С. 14-19.
5. Павлова В.А. Роль землеустроительных мероприятий в обеспечении экологической безопасности использования земли // Кадастровый вестник. 2004. № 1. С. 30-33.
6. Пикина Е.В., Рябов Ю.В., Гарманов В.В. Информационные технологии при мониторинге нарушенных земель // XLI Неделя науки СПбПУ: материалы НПК с международным участием. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. С. 361-362.
7. Степанова Е.А. Методические основы формирования землепользований сельскохозяйственных организаций // Известия СПбГАУ. 2015. № 39. С. 290-295.
8. Сулин М.А., Шишов Д.А. Основы земельных отношений и землеустройства: Уч. пос. СПб.: Проспект Науки, 2015. 320 с.
9. Уварова Е.Л. Основные направления развития планирования и использования земельных ресурсов // Инновации – основа развития агропромышленного комплекса: материалы для обсуждения Международного агропромышленного конгресса. СПб., 2010. С. 107-108.
10. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // В сборнике: Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. С. 189-191.
11. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмки ситуации рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. Центральный ордена «Знак почёта» НИИ геодезии, аэросъёмки и картографии. 55 с.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРЕПАРАТ «МИКОБАКТ»,
АКТИВИРУЮЩИЙ ГУМИФИКАЦИЮ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ
В СОСТАВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ

Интенсивные агротехнологии, не учитывающие приоритет естественных процессов в биосфере, породили негативные тенденции в земледелии. В последнее время стало наблюдаться постоянное снижение качества сельскохозяйственной продукции и рентабельности сельскохозяйственного производства. Продолжающееся бесконтрольное расходование энергетических и питательных ресурсов почв вынуждает проводить дополнительные мероприятия для возврата этих ресурсов, восстановления плодородия почв, восстановления агрохимических и агрофизических свойств почв и поддержки биологического разнообразия флоры и фауны биосферы [1].

В агросистемах в каждом конкретном случае могут происходить негативные изменения баланса противодействующих процессов, приводящие к накоплению токсических веществ в почве или выносу органических и минеральных веществ. При разбалансировке агросистемных процессов минерализация органического вещества не в полной мере компенсируется гумификацией растительных остатков. Поступление токсикантов не компенсируется их разложением. Фитозащитные мероприятия оказывают действие не только на фитопатогены, но и на остальные почвенные микроорганизмы, что снижает микробное биоразнообразие почв. Устранение этих негативных тенденций и поддержка прежнего баланса потоков веществ и численности почвенных микроорганизмов требует проведения специальных научных исследований в рамках экологического почвоведения. В связи с этим, необходимы научная экологическая экспертиза всех применяемых агротехнологий и разработка новых агроприемов и методов (в том числе - методов математического моделирования), основанных на принципах научно-обоснованного управления природными ресурсами [2-5].

Принципиальной особенностью наукоемких и экологически сбалансированных агротехнологий является поддержка в них уникальной способности к саморегулированию, самообновлению, восстановлению своих функций на высоком производительном уровне и поддержка эволюции агросистем в состоянии с расширенной адаптацией к нестабильным условиям внешней среды. Поэтому, достижение равновесия между противодействующими процессами, активация восстановительных процессов посредством межкомпонентных связей, расширенное биологическое разнообразие и дублирование функций компонентов являются обязательными положениями экологического дизайна новых агросистем. Реализация этих положений гарантирует достижение стабильных урожаев в агросистемах и устойчивость их к внешним воздействиям.

С позиции экологического почвоведения, агротехнические мероприятия, осуществляемые человеком, следует рассматривать как особые, отличные от естественных воздействий внешние факторы. Эти факторы также могут замедлять или ускорять процессы в агросистемах, что вызывает разбалансировку потоков веществ и сокращение численности почвенного микробиологического ценоза. Поэтому экологическое почвоведение, с одной стороны, направлено на создание агросистем с повышенной устойчивостью к внешним воздействиям, а с другой – на разработку агротехнологий с минимальным влиянием на баланс внутрисистемных процессов.

В рамках экологического земледелия, которое в своей основе опирается на экологическое почвоведение, должна быть пересмотрена значимость применения многих агротехнологий: органических и минеральных удобрений, сидеральных паров, севооборотов, микробиологической трансформации лигниноцеллюлозы растительных остатков в гумусовые формы веществ, биологического азота, фитозащитных и стимулирующих микробиологических препаратов, No-till обработки почв. Например, исследования показали, что при одновременном применении минеральных и органических удобрений с фитостимулирующими микробиологическими препаратами требуется значительно снижать дозы удобрений [6, 7].

Цели и задачи работы. Наименьшим влиянием на экологический баланс агросистем обладает агротехнология микробиологической гумификации растительных остатков (соломы зерновых культур и др.) в межвегетационный период года. Этот агроприем соответствует принципам экологического почвоведения и обеспечивает возврат питательных и энергетических ресурсов. Для эффективной микробиологической трансформации лигнинцеллюлозы растительных остатков до гумусовых форм веществ необходимо выделить комплекс окислительных фенолоксидаз и бактериальных и грибных продуцентов этих ферментов [8].

Вегетационный опыт проводили в 2013-2015 гг. во ФГБНУ ВНИИСХМ. В этом опыте использовали биопрепарат МИКОБАКТ [9], активизирующий гумификацию растительных остатков различного генезиса. Действующими биообъектами МИКОБАКТа были выбраны бактерии *Micrococcus luteus* шт. ПБТ-1 и микроскопические грибы *Penicillium sp.* шт. ПБТ-2. В этом опыте в сосуды с дерново-подзолистой почвой (Сгум. 2,0 %, Нобщ. 0,19 %, рНсол. 5,6) вносили солому ячменя (С) на глубину 0-3 см.

Опыт включал следующие варианты: 1) контрольный вариант без внесения С; 2) внесение С (воздушно-сухая масса - 10 г/сосуд) без инокуляции МИКОБАКТОм; 3) внесение С (воздушно-сухая масса - 10 г/сосуд), инокулированной МИКОБАКТОм (1 мл/10 г С); 4) внесение С (воздушно-сухая масса - 5 г/сосуд), инокулированной МИКОБАКТОм (1 мл/10 г С), и биомассу козлятника (воздушно-сухая масса - 5 г/сосуд). Сосуды содержали по 3,5 кг почвы.

Измельченную массу С вносили в сосуды осенью 2013-2015 гг. В каждом варианте было по четыре сосуда. Минеральные удобрения в течение опыта в сосуды не вносили. Растения ячменя (с. Северянин) высаживались в сосуды весной 2013-2015 гг. (по 30 растений/сосуд). По окончании их вегетации (осенью 2013-2015 гг.) измеряли общий вес семян по вариантам. Кроме этого, измеряли органический углерод (по Тюрину) весной (перед посадкой ячменя) и осенью 2013-2015 гг. Данные, полученные в этом опыте при измерении индивидуальных высот надземной части растений, обрабатывали с помощью дисперсионного анализа [10].

Результаты эксперимента сведены в табл. 1. Всхожесть семян и количество вегетирующих растений с каждым годом медленно возрастала, т.е. растения демонстрируют постепенную адаптацию к экологическим условиям. На процесс адаптации накладывались климатические колебания окружающей среды. Поэтому в 2015 г. урожайность зерна ячменя заметно возросла во всех вариантах опыта.

Концентрация органического углерода в почве возрастает при микробиологической гумификации соломы ячменя. В вегетационный период растения потребляют часть накопленных органических ресурсов, что ведет к их снижению. Одновременно экссудация органических кислот корневой системой растений в почву приводит к возрастанию этих ресурсов, т.е. в микробно-растительной системе происходит уравнивание процессов углеродного обмена между микроорганизмами и растениями. Сдвиг этого баланса в положение с меньшей экссудацией органических кислот из растений в почву создает условия

для большей семенной продуктивности растений. Этот эффект наблюдается в вариантах опыта с применением биопрепарата МИКОБАКТ.

Таблица 1

Характеристики урожайности зерна ячменя и концентрация органического углерода (Сорг) в почве с внесением и без внесения соломы ячменя (СЯ) в зависимости от инокуляции микроорганизмами МИКОБАКТа

Вариант	Год	Всхожесть, %	Урожай зерна, г/сосуд	Вес зерна за 4 года, г	Сорг, %	
					весна	осень
1. Контроль без внесения СЯ	2013	83	1,1	52,2	1,98	2,08
	2014	76	1,7		2,00	1,90
	2015	99	6,5		1,97	1,71
	2016	96	3,9		1,83	1,67
2. Внесение СЯ (без инокуляции МИКОБАКТом)	2013	88	4,5	64,4	2,08	1,94
	2014	94	3,5		2,21	2,04
	2015	87	4,7		2,08	1,57
	2016	98	3,4		1,86	1,94
3. Внесение СЯ (с инокуляцией МИКОБАКТом)	2013	84	4,2	66,0	2,1	1,85
	2014	88	3,9		1,96	1,96
	2015	81	4,7		2,00	1,59
	2016	98	3,7		1,76	2,07
4. Внесение СЯ (с инокуляцией МИКОБАКТом) и биомассы козлятника	2013	93	3,6	77,2	1,96	1,94
	2014	97	4,3		2,06	1,94
	2015	99	7,2		1,96	1,81
	2016	96	4,2		1,97	1,92
НСР _{0,95}	—	±2	±0,1	±1,8	±0,1	±0,1

Вариант №4 (с применением биомассы козлятника) демонстрирует наибольший урожай зерна за четыре года. Это объясняется тем, что в биомассе козлятника есть некоторое количество минерального азота в хлорофилле листьев и стеблей. В остальных вариантах азота, находящегося в соломе ячменя, значительно меньше. Поэтому использование сидеральных культур при гумификации растительных остатков создает сбалансированный пул питательных веществ в почве, что отражается в повышении урожая зерна.

Выводы:

В настоящее время биопрепарат МИКОБАКТ применяется на более 300 тыс. га в 20 регионах России, а также в Украине, Казахстане, Намибии, Германии и Литве, что продемонстрировало состоятельность задействованных теоретических концепций экологического земледелия.

Эффективность МИКОБАКТа наблюдалась в течение двух последующих вегетаций растений и выражалась в повышении урожайности культур в севообороте, уменьшении растительных остатков, затрудняющих заделку семян в почву, снижении активности фитопатогенных микроорганизмов.

Сравнительно низкая себестоимость промышленной технологии крупнотоннажного производства МИКОБАКТа, созданная ООО «Петербургские Биотехнологии», обеспечила широкое распространение этого агроприема в земледелии при выращивании зерновых культур различного генезиса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов / В.И. Кирюшин. М.: Колос, 2011. 443 с.

2. Почвы в биосфере и жизни человека / Под ред. Добровольского Г.В., Куста Г.С., Санаева В.Г. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. – 584 с.
3. Толстомятов С.Е., Абрамова А.В., Терлеев В.В. Дискретные модели в агроэкологии // В сборнике: Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. С. 193-195.
4. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
5. Badenko V., Terleev V., Topaj A. AGROTOOL software as an intellectual core of decision support systems in computer aided agriculture // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 635-637. pp. 1688-1691.
6. Пищик В.Н., Воробьев Н.И., Моисеев К.Г., Свиридова О.В., Сурин В.Г. Влияние бактерий *B. subtilis* на физиологическое состояние растений пшеницы и на микробоценоз почвы при использовании различных доз азотных удобрений // Почвоведение. 2015. № 1. С. 87-94.
7. Pishchik V.N., Vorobyov N.I., Walsh O.S., Surin V.G., Khomyakov Y.V. Estimation of synergistic effect of humic fertilizer and *Bacillus subtilis* on lettuce plants by reflectance measurements // Journal of Plant Nutrition. 2016. V. 39(8). PP. 1074-1086.
8. Свиридова О.В., Воробьев Н.И., Попов А.А. Экобиотехнология микробиологической реутилизации лигнинсодержащих растительных остатков для повышения почвенного плодородия // Сб. тезисов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева «Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны». Ч. II. Москва-Белгород: Изд. Дом «Белгород», 2016. С. 132-133.
9. Свидетельство № 679 от 08.06.2015 г. о государственной регистрации агрохимиката МИКОБАКТ марки КФ, РФ.
10. Воробьев Н.И., Проворов Н.А., Пищик В.Н., Свиридова О.В. Программа двухфакторного дисперсионного анализа биологических данных. Программа зарегистрирована в ФГУ ФИПС в отделе регистрации программ для ЭВМ № 2014661477 от 30.10.2014. Интернет ресурс: <http://www1.fips.ru/wps/portal/Registers/>.

УДК 631.43

К.Г. Моисеев

ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПОРИСТОСТИ ПОЧВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ФРАКТАЛОВ

Применение теории фракталов к явлениям перколяции – просачивания жидкостей через фрактальную пористую среду - позволяют осмыслить достижения этих областей знания в гидрофизике почв. Несмотря на появление специализированных компьютерных программ (например, HUDRUS 2D/3D, или нейронная сеть «Розетта» [5, 14]), позволяющих рассчитывать некоторые физические свойства почв по немногим экспериментально определенным физическим параметрам почв, теоретическое развитие моделирования физических свойств почв (в частности - дифференциальной пористости почв) не утрачивает свою актуальность [9]. Применение теории фракталов к моделированию закономерностей протекания физических процессов в самоподобных дисперсных средах (в том числе – к моделированию влагопроводности почвы [1]) – имеет большие перспективы.

Цели исследования - разработать алгоритм расчета дифференциальной пористости почв на основе представлений фрактальной теории перколяции.

Здесь рассматривается метод экспериментального определения фрактальной размерности структуры капиллярно-пористой среды по результатам фильтрационных испытаний. Наиболее употребительной моделью, устанавливающей автомодельность структур пористой среды, является pore-solid fractal (PSF) model. Структура моделируется тремя составляющими: пора – твердая фаза – фрактальная (фрагментированная) область [13]. Если почвенная структура целиком состоит из макроагрегатов, то на первой итерации вероятность наличия фрагментированных

областей равно нулю. Агрегатные распределения и распределения размера частиц по размерам представляют собой неполные и полные процессы фрагментации, соответственно.

Располагая экспериментальными данными распределения почвенных агрегатов и частиц почвы по размерам (данные агрегатного и гранулометрического анализа почв), вычисляют совокупную массу фрагментов размером R_i и меньше, $M(< R_i)$, если известна фрактальная размерность D [13]:

$$\frac{M(< R_i)}{M_t} = \alpha^{D-E} \left(\frac{R_i}{L} \right)^{E-D_f} \quad R_{\min} \leq R_i \leq R_{\max}, \quad (1)$$

где $\alpha < 1$ итерационный фактор; L – индикатор размера ($\alpha R_{\max} = L$); M_t – общая масса фрагментов; E – Евклидова размерность, равная 3; D_f – «фрагментированная» фрактальная размерность; $R_{\max}$; $R_{\min}$ – максимальный и минимальный размеры фрагментов.

В случае полной фрагментации выражение (1) преобразуется к известному выражению фрактальной геометрии [2, 13-15]:

$$\frac{M(< R_i)}{M_t} = \left(\frac{\bar{R}}{R_{\max}} \right)^{3-D}; \quad (2)$$

пористость (объем пор) P вычисляется по формуле:

$$P = 1 - \left(\frac{R_{\min}}{R_{\max}} \right)^{3-D}; \quad (3)$$

а радиус пор оцениваем из соотношения:

$$r_i^{2-D} \sim \frac{dP}{dr}. \quad (4)$$

Достаточно сложным остается вопрос определения граничных условий, т.е. нахождения максимального и минимального радиуса пор капиллярно-пористого тела при данном его сложении.

Расчет по фрактальной модели доли пор, занятых категориями гравитационной (поры инфильтрации) и капиллярной влаги, осуществляется по соотношениям [12]:

$$P_G = \frac{3-D}{r_{G \max}} \cdot \left(\int_{r_{\min}}^{r_{\max}} r_G^{2-D} \right) \text{ и } P_K = \frac{3-D}{r_{K \max}} \cdot \left(\int_{r_{\min}}^{r_{\max}} r_K^{2-D} \right), \quad (5)$$

где P_G – объем пор инфильтрации; $r_{G \max}$ и $r_{G \min}$ – наибольший и наименьший радиус пор инфильтрации соответственно; P_K – объем капиллярных пор; $r_{K \max}$ и $r_{K \min}$ – наибольший и наименьший радиус капиллярных пор соответственно. Единственное препятствие к вычислениям – неизвестная D , которая для структуры почвы в целом является мультифрактальной величиной.

Фрактальную размерность можно определить, по мнению автора, на основе исследования характера нестационарной фильтрации влаги через почвы и грунты [6, 8]. В опыте по фильтрации воды через почвенный образец естественного сложения, исследуется – сигнал – временной ряд зависимости объемного расхода от времени. На начальных стадиях этого процесса (в небольшое, относительно, время) фильтрация воды через капиллярно-пористые тела (почвы) почти всегда не стационарна; не случайно ГОСТ 25584-90 требует определения коэффициента фильтрации в условиях установившейся фильтрации. Однако затухание автокорреляционной функции нестационарного процесса фильтрации для разных почв и соответственно различных почвенных структур происходит в разное время.

Фильтрация влаги через почву это временной процесс, для которого дисперсия $DX_t = t^{2H}$, $t \geq 0, 0 \leq H \leq 1$ (t – период времени) [10, 11]. Эффект Харста, вероятно, возникает в почвенном образце в том случае, если поры капиллярно-пористого тела образуют сложную

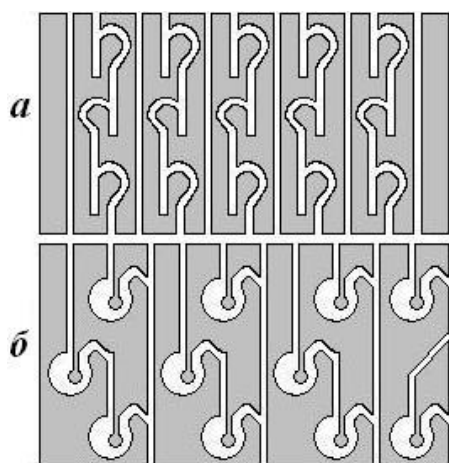


Рис. 1

систему сифонов, как показано на рис. 1. На основе функции сигнала методом линейных систем или методом Харста вычисляют фрактальный показатель Харста (H) временного ряда и определяют массовую фрактальную размерность почвы как структурного объекта [7].

Покажем возможный алгоритм расчета дифференциальной пористости почв при помощи теории фракталов на примере супесчаной дерново-подзолистой почвы Ленинградской области, почвенный горизонт 2С (авторские экспериментальные данные).

I. Необходимо: знать величины плотности твердой фазы почвы ($\rho = 2,53 \text{ г/см}^3$), плотности сложения почвы ($\gamma = 1,54 \text{ г/см}^3$); располагать данными об агрегатном составе почвы и доле содержания агрегатов в почве (61%); знать гранулометрический состав и, по возможности, - значения

почвенно-гидрологических констант (гигроскопической влаги – ГВ, максимальной гигроскопичности почвы – МГ, влажности завядания – ВЗ).

II. На основе перечисленных данных вычисляются: 1) общая пористость $P = (1 - \gamma/\rho) \cdot 100\% = 39,1\%$; 2) объем категорий пор почвы (радиус 1-5 мкм), занятых прочно удерживаемой пленочной влагой [9] (рассчитывается по общепринятой методике Н.А. Качинского); 3) объем пор, занятых рыхлосвязанной влагой (для исследуемой почвы эти величины составляют 1,57 и 2,84% соответственно (суммарно 4,41%).

III. В эксперименте по фильтрации влаги через образец данной почвы методом линейных систем определена фрактальная размерность структуры равная $D = 2,54$. На основе данных агрегатного анализа вычислен средневзвешенный радиус агрегатов почвы.

IV. По соотношению (2) вычислены наибольший (0,82 мм) и наименьший (0,63 мм) размеры самых крупных пор, а также объем пористости 11,7%, соответствующей этому диапазону размера. Размеры пор установлены согласно стандартным точкам потенциала влаги основной гидрофизической характеристики почвы [3, 4]. Размеры пор: поры инфильтрации - 0,1-0,63; поры аэрации - 0,06-0,1; капиллярные поры - 0,006-0,06. Объем капиллярной пористости составит суммарно $(39,1 - (11,7 + 4,4)) = 23\%$. Это хорошо согласуется с величиной наименьшей влагоемкости НВ (21,8%) данной почвы. Объем тупиковых пор, предположительно, составляет 1,2%.

V. После проведенных расчетов оценивается объем пор внутри каждой категории (диапазона) пор по фрактальным моделям 2 или 5.

Выводы. Предложен способ экспериментального определения фрактальной размерности структуры капиллярно-пористого тела для расчета дифференциальной пористости почв по результатам исследования характера нестационарной фильтрации воды через монолит почвы. Проведен расчет дифференциальной пористости почвы на основе фрактальной модели структуры почв. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-04-01473-а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Банкин М. П., Заславский Б. Г., Терлеев В. В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // Научно-технический бюллетень по агрономической физике. 1988. № 72. С. 33-36.
2. Гончаров В. Д., Ильинова В. Ю. Модель пористости на основе обобщенной губки Менгера. Физические, химические и климатические факторы продуктивности полей. СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2007. С.44-47.
3. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.

4. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
5. Левковский Е. В., Губер А.К. Расчет дифференциальной пористости на основе свойств твердой фазы почвы // Вестник Оренбургского государственного университета. 2008. Т. 4(85). С. 108-113.
6. Моисеев К.Г., Петровский Р.С. К методу расчёта дифференциальной пористости почв на основе фрактальных моделей // Сборник докладов НПК с международ. участ. «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия», Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2016. С. 209-211.
7. Моисеев К.Г. Фракталы: анализ временных рядов в агрофизике //Сб. докл. заседаний Санкт-Петербургского отделения общества почвоведов им. В.В. Докучаева «International year of soils» / СПб.: Изд-во ООО «ВВМ», 2015. С. 3-13.
8. Моисеев К.Г., Гончаров В.Д. Модель почвенной структуры в фильтрационных исследованиях // В сборнике «XLII Неделя науки СПбГПУ» / Материалы НПК с международным участием. НОЦ «ВИЭ». СПбГПУ, 2014. С. 216-219.
9. Моисеев К.Г. Применение теории подобия к исследованию физико-механических свойств почв: Диссертация на соискание степени кандидата сельскохозяйственных наук. ГНУ АФИ, СПб, 2002.
10. Найдёнов В.И., Кожевникова И.А. Эффект Харста в геофизике // Природа. 2000. № 1. С. 3-11.
11. Петровский Р.С. Выпускная работа бакалавра по направлению «Природообустройство и водопользование». Электронная библиотека СПбГПУ. 2015. <http://elib.spbstu.ru/dl/2/6843.pdf/view>.
12. Тихомиров В.П., Горленко О.А., Измеров М.А. Протекание через фрактальную пористую среду // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т.13. №4(3). С. 879-883.
13. Электронный ресурс – статья: Fractal dimension of soil fragment mass – size distribution: a critical analysis/ Behzad Ghanbarian, Hugh Daigle. Journal Geoderma, May 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.02.001>, дата обращения 16.06.2016.
14. Pentos K. The methods of extracting the contribution of variables in artificial neural network models – Comparison of inherent instability // Computers and Electronics in Agriculture. 2016. Vol. 127. PP. 141-146.
15. Perrier E.M.A., Bird N.R.A. Modeling soil fragmentation: the pore solid fractal approach // Soil Tillage Res. 2002. Vol. 64. PP. 91-99.

УДК 631.43

К.Г. Моисеев, Е.Г. Зинчук
ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт

ВОЗМОЖНОСТЬ ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ ПОЧВ И ГРУНТОВ НА ОСНОВЕ ФРАКТАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПО ДАННЫМ ФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ

В работе рассматривается аспект априорной оценки равновесной плотности сложения почв и грунтов на основе фрактальных моделей структуры почв. Если известен агрегатный и гранулометрический состав почв, то можно оценить пористость почв по формулам $P = 1 - (R_{\min}/R_{\max})^{3-D} (\gamma/\rho) = (R_{\min}/R_{\max})^{3-D}$, а при известной плотности твердой фазы почв - рассчитать плотность сложения, по формулам: $\gamma = \rho(R_{\min}/R_{\max})^{3-D}$ $\gamma = \rho(\bar{R}/R_{\max})^{3-D}$. Реальная структура почв и грунтов моделируется тремя составляющими: пора-твердая фаза (не фрагментированная область) – фрактальная (фрагментированная) область «pore-solid fractal model» (PSF) [1]. Единственное усложнение, которое необходимо вводить во фрактальные модели, - это вероятность существования областей порядка и беспорядка в реальной структуре почв. Поэтому необходимо вычислять общее количество фрактальных областей - F данной итерации и вероятность их фрагментации - p : $D_f = D \lg(pF)/\lg F$, где D_f - «фрагментированная» фрактальная размерность, D - мультифрактальная размерность. В целом, мультифрактальную размерность структуры почв и грунтов можно определить на основе исследования характера фильтрации влаги через капиллярно-пористое тело в лаборатории [2, 3].

Цель работы - проверить возможность расчета плотности сложения почв и грунтов на основе фрактальных моделей их структуры.

Расчет плотности сложения почв и грунтов полезен в случае обширных картографических или мониторинговых работ по составлению пространственных карт почвенного покрова с.-х. угодий или строительных площадок. В этом случае, по причине экономии времени, величина плотности сложения почв может не определяться непосредственно в поле. Априорная оценка плотности сложения почв и грунтов важна при моделировании гидрологических характеристик [4] и водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса [5], а также при проектировании инженерных сетей, сооружений и гидротехнических систем.

Основными объектами исследования являлись почвы опытного поля филиала ФГБНУ АФИ пос. Меньково (Ленинградская обл., Гатчинский р-н). Пространственное варьирование физических параметров почв (плотности сложения, плотности твердой фазы почв) выявлено при проведении агрофизического мониторинга [2, 6-8]. Почвенный покров выбранного поля образован агродерново-подзолистыми типичными (и глееватыми) супесчаными почвами и агродерново-эллювоземами агрогетерогенными (дерново-сильноподзолистые почвы по классификации 1977 г). Исследования физических параметров почв производились методами, изложенными в соответствующих ГОСТах (ГОСТ 25584-90; ГОСТ 12536-2014; ГОСТ 28168-89; ГОСТ 28268-89), а также на основании общепринятых методик [9, 10]. Статистические исследования проводились методами, изложенными в рекомендациях МИ 2091-90 и в методической работе [11].

Для объекта исследования при проведении агрофизического мониторинга были экспериментально определены плотность сложения, гранулометрический состав и плотность твердой фазы почв по точкам опробования и построена тематическая карта [12] (рис. 1).

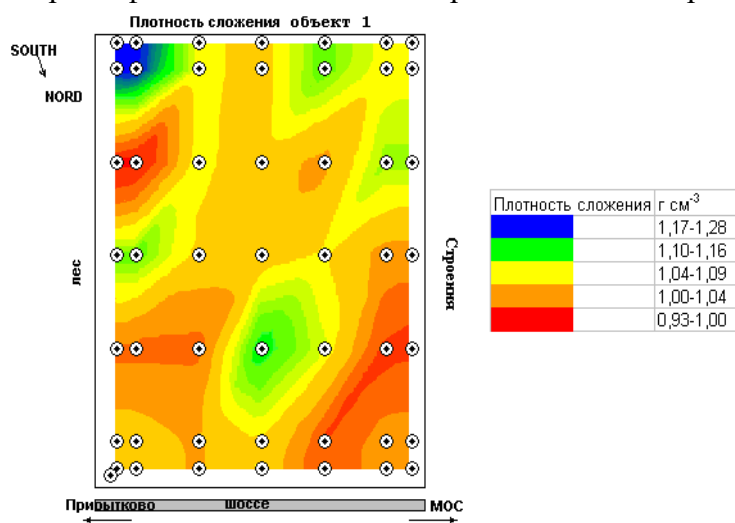


Рис. 1

Для точек опробования рассчитана плотность сложения почв на основании фрактальных моделей. Фрактальная размерность структуры почв оценена по результатам исследования характера фильтрации влаги через почвенный образец, либо рассчитана по данным гранулометрического анализа почв. Всего выбрано 48 точек опробования: часть полученных результатов; расчетные и экспериментальные значения плотности сложения почв, представлены в табл. 1.

Проведена статистическая оценка полученных результатов. Коэффициент Пирсона равен 0,66. Необходима оценка равенства дисперсий: для этого применен критерий Фишера. Нулевая гипотеза (H_0) заключается в следующем: если дисперсии экспериментального и расчетного распределения точек равны (или близки), то обе выборки принадлежат к одной генеральной совокупности, т.е. такое вычисление статистически значимо. Результаты анализа Фишера представлены в табл. 2.

Таблица 1

Расчетные и экспериментальные значения плотности сложения почв

Координаты точек		Плотность твёрдой фазы почв, $\text{кг/м}^3 \cdot 10^3$	Плотность сложения почв, $\text{кг/м}^3 \cdot 10^3$	Расчетная плотность сложения почв, $\text{кг/м}^3 \cdot 10^3$	Фрактальная размерность D
$N(Y)$, доли град с.ш.	$E(X)$, доли град в.д.				
59,423900	30,039860	2,54	1,04	1,01	2,75
59,423720	30,038950	2,53	0,99	1,01	2,75
59,423570	30,038050	2,53	1,10	1,17	2,79
59,423400	30,037150	2,54	1,05	1,02	2,75
59,423200	30,036180	2,55	1,08	1,02	2,75
59,423760	30,039800	2,54	1,04	1,01	2,75
59,423600	30,038980	2,53	0,99	1,01	2,75
59,423460	30,038100	2,53	1,10	1,17	2,79
59,423300	30,037200	2,54	1,05	1,02	2,75
59,422610	30,036400	2,55	1,01	1,02	2,75
59,423000	30,038260	2,54	1,19	1,18	2,79
59,423180	30,039140	2,53	1,13	1,17	2,79
59,423320	30,039920	2,56	0,98	1,02	2,75
59,423350	30,040040	2,56	0,98	1,02	2,75
59,422880	30,040140	2,58	1,04	1,03	2,75
59,422860	30,040050	2,58	1,04	1,03	2,75
59,422140	30,036650	2,51	1,16	1,16	2,79
59,422120	30,036550	2,51	1,16	1,16	2,79
59,421600	30,036700	2,52	0,93	0,87	2,71
59,422000	30,038570	2,54	1,08	1,02	2,75
59,422187	30,039420	2,56	1,04	1,02	2,75
59,422390	30,040180	2,56	1,14	1,19	2,79
59,421620	30,039650	2,55	1,17	1,18	2,79
59,421440	30,038750	2,54	1,07	1,02	2,75
59,421260	30,037850	2,56	1,11	1,19	2,79
59,421080	30,037010	2,58	1,28	1,19	2,79

Таблица 2

Результаты F -теста для дисперсий

Среднее	1,09	1,09
Дисперсия	0,01	0,01
Наблюдения	48	48
df	47	47
F	0,82	
$P(F \leq f)$ одностороннее	0,25	
F критическое одностороннее	0,62	
F двухстороннее	1,22	
Табличный Фишер при $df = 47$	1,63	
	$1,22 < 1,63$	

Вывод. Вычисленный критерий Фишера меньше табличного, нулевая гипотеза не отвергается, априорная оценка плотности сложения почв по фрактальным моделям возможна.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-04-01473-а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Электронный ресурс – статья: Fractal dimension of soil fragment mass – size distribution: a critical analysis/ Behzad Ghanbarian, Hugh Daigle. Journal Geoderma, May 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.02.001>, дата обращения 16.06.2016.
 2. Моисеев К.Г., Рижиа Е.Я., Бойцова Л.В., Зинчук Е.Г., Гончаров В.Д. Корректировочные работы крупномасштабного почвенного картографирования Меньковского филиала Агрофизического института // Агрофизика. 2013. № 1(9). С. 30-36.
 3. Моисеев К.Г., Петровский Р.С. К методу расчета дифференциальной пористости почв на основе фрактальных моделей // Сборник докладов научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия». Курск: 2016, ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ. С. 209-211.
 4. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
 5. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
 6. Алексеева А.Г., Орлова Н.Е., Терлеев В.В. Агроэкологический мониторинг дерново-карбонатных почв ленинградской области // В сборнике: XL Неделя науки СПбГПУ, Материалы международной научно-практической конференции. 2011. С. 311-313.
 7. Баденко В.Л., Терлеев В.В., Миршель В., Никонова О.Г. Учет пространственной вариабельности гидрофизических свойств почв при моделировании продукционного процесса растений // Агрофизика. 2013. № 1(9). С. 13-22.
 8. Моисеев К.Г., Гончаров В.Д. Модель почвенной структуры в фильтрационных исследованиях. // В сборнике: XLII Неделя науки СПбГПУ/ материалы НПК с международным участием. НОЦ «ВИЭ». СПбГПУ, 2014. С. 216-219.
 9. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986.
 10. Сорокина Н.П. Методология составления крупномасштабных агроэкологически ориентированных почвенных карт. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2006. 160 с.
 11. Пачепский Я.А. Математические модели процессов в мелиорируемых почвах. М.: Изд-во МГУ, 1992. 89 с.
 12. Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г. Крупномасштабная почвенная карта Меньковского филиала Агрофизического института Россельхозакадемии // Агрофизика. 2014. № 3(15). С. 8-17.
- УДК 627.417

А.О. Никоноров

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО БОРЬБЕ С ПАВОДКОВЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ

Традиционным способом борьбы с паводками является регулирование максимального стока крупными водохранилищами ГЭС. Однако при этом не обеспечивается защита земель в обширной зоне верхнего бьефа и боковых притоков речного бассейна водохранилища ГЭС. В этих условиях целесообразно осуществлять мероприятия по снижению риска от наводнений путем регулирования паводковых расходов речного бассейна системой водохранилищ, распределенных на водотоках, при минимальном воздействии на окружающую среду. Такая система должна включать в себя саморегулируемые гидроузлы с временно-заполняемыми водохранилищами, в которых перераспределяется противопаводковая емкость [1].

Цель работы состояла в разработке методов для моделирования и анализа паводковых ситуаций с использованием программных комплексов для поиска адекватных инженерных решений, предотвращающих ЧС при минимальном воздействии на окружающую среду.

ЧС, возникающие при пропуске паводков редкой повторяемости, могут носить катастрофический характер и повлечь значительный ущерб. Ситуация усугубляется изменениями климата, вследствие чего возрастает частота и интенсивность катастрофических наводнений, наносящих огромный ущерб даже в Западной Европе, имеющей развитую сеть противопаводковых сооружений. В России наиболее паводкоопасными регионами являются: Приморский край, Хабаровский край, Амурская область, Республика Саха, Красноярский край, Забайкальский край, Средний Урал, Нижняя Волга, Северный Кавказ [2].

Для каждого населенного пункта, располагающегося вблизи водного объекта, существуют так называемые критические значения уровня воды, опасные и особо опасные отметки. Опасная отметка H_{d1} - значение уровня воды, при превышении которого начинается затопление поймы, сельскохозяйственных угодий. Особо опасная отметка - значение уровня воды H_{kr1} , при превышении которого начинается затопление прибрежных населенных пунктов, хозяйственных объектов, дорог, линий связи и электропередачи и др. [3].

Паводком считается кратковременный (Δt), интенсивный подъем уровня воды, вызванный дождями и ливнями, таянием снега при зимних оттепелях, ураганом или очень быстрым таянием снега в горах и т.д. Паводки не имеют сезонного характера и случаются в любое время года.

В период половодий и паводков уровень воды в реках достигает наивысшего значения, который называется H_{max} максимальным уровнем воды в период половодья или паводка. Данные о H_{max} и расходах воды за год ($Q_{год}$) необходимы при изучении наводнений и организации противопаводковых мероприятий. Данные о H_{max} используются при проектировании строительства любых гидротехнических сооружений, а также жилых и хозяйственных объектов, расположенных в прибрежной зоне. При этом проектирование ведется с учетом уровня воды (или расхода) определенной повторяемости (обеспеченность) [3].

В России ДДЗ применяют в целях мониторинга паводков и наводнений для оперативного отслеживания развития паводка, определения конфигурации и величины затопляемых территорий, определения зависимости между площадью затопления и уровнем на гидрологическом посту, моделирования стока весеннего половодья по данным анализа динамики снегового покрытия, оценки ледовой обстановки для прогнозирования возможных заторов льда, оценки состояния гидротехнических сооружений и других строений в зоне затопления, оценки ущерба от затопления пойменных территорий [4].

Основными недостатками применения ДДЗ для мониторинга паводков являются:

- ограничения частоты повторения спутниковой съемки конкретных затопляемых территорий;
- наличие облачности.

Разработка методики выбора створов для противопаводковых гидроузлов и моделирование паводковых явлений в рамках создания системы информационной поддержки принятия соответствующих управленческих решений должны проводиться на основе адекватных ИАС. Такие ИАС должны быть достаточно гибкими и иметь возможность модернизации с учетом возникновения новых требований к ним [1, 4].

Среди требований к рассматриваемым ИАС отметим то, что они должны создаваться на основе современных компьютерных и, в частности - ГИС-технологий. Только такие технологии позволяют обеспечить достоверность и оперативность данных о текущей гидрологической обстановке, дать научно-обоснованный прогноз изменения гидрологической ситуации, оценку риска наводнений, организовать потоки информации о территории, субъектах хозяйственной деятельности и их взаимодействии [4].



Рис. 1

Концепт модели построения ГИС гидрологических систем должен предусматривать определенную последовательность действий (рис. 1). Все программные комплексы, которые возможно использовать для моделирования в среде ГИС стоят на одних и тех же теоретических основах. Профили поверхности воды вычисляются от одного сечения к другому путем решения уравнения Бернулли с итерационной процедурой, так называемый стандартный метод шага. Уравнение Бернулли представляет собой закон сохранения энергии для двух соседних участков и записывается следующим образом:

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e.$$

Было решено производить моделирование речной системы, создание конкретной модели паводкового затопления и анализ управленческих решений, направленных на борьбу с паводковыми явлениями непосредственно с помощью программного пакета HEC, с использованием модулей HEC-RAS и HEC-HMS. Тестовое моделирование участков речных бассейнов проводилось в среде HEC. Был рассмотрен пробный вариант, на примере бассейна реки Бакстер (Калифорния, США). Данный пример хорош тем, что русло и пойма реки Бакстер достаточно прямолинейны и не имеют ложных русел или сложных сетей. Результаты моделирования можно увидеть на рис. 2.

Актуальность тематики данной работы определяется необходимостью совершенствования методики принятия управленческих решений, касающихся территорий (в том числе – их гидрологических характеристик [5, 6]) и водных объектов, находящихся в зоне риска паводковых наводнений; разработки методики создания систем распределенных саморегулируемых гидроузлов с временно-заполняемыми водохранилищами, обеспечивающих смягчение паводкового гидрографа и распределение паводков на водосборе (при условии минимизации влияния на окружающую среду) [5].

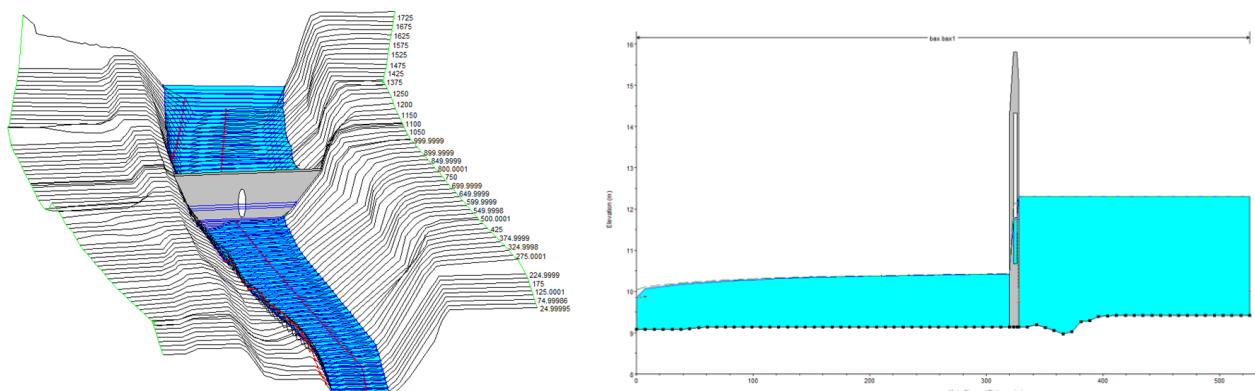


Рис. 2

Выводы. Предложенная методика и модели могут применяться в научно-исследовательских и практических целях при решении задач защиты территорий от наводнений путем управления паводками речного бассейна.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федоров М.П., Масликов В.И. Снижение риска наводнений в речном бассейне регулированием паводков распределенными на водосборе гидроузлами // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2013. № 4. С. 47-52.
2. Н.В. Арефьев, Баденко В.Л., Волкова Ю.В. Эколого-энергетические принципы управления энерго-водохозяйственными системами // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2014. № 11 (151). С. 131-138.
3. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Осипов Г.К. Управление энерго-водохозяйственными системами на основе моделирования в среде ГИС // Труды СПбГТУ. 1998. №475. С. 42-47.
4. Баденко В.Л. Методология использования эколого-экономических моделей в среде ГИС при управлении территориями // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 1998. №4. С. 107-111.
5. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
6. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
7. Никоноров А.О., Баденко В.Л. Анализ проведения берегоукрепительных работ на водохранилищах Волжско-Камского каскада ГЭС // Сборник докладов молодежной научно-практической конференции в рамках «XLIII Недели Науки СПбПУ». 2014. С. 101-104.

УДК 631.43+004.65

А.О. Никоноров

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОДЕЛЬ ГИСТЕРЕЗИСА ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ: ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Использование концепции распределения капиллярных пор по размерам является продуктивным для описания гистерезиса водоудерживающей способности почвы; в рамках этой концепции дано теоретическое обоснование функции дифференциальной влагоемкости почвы, разработана математическая модель [1-4]. Для построения модели использовано физически адекватное предположение, согласно которому функция дифференциальной влагоемкости почвы в каждой точке на кривой гистерезиса принимает только два значения, которые соответствуют сорбционному и десорбционному равновесиям влаги в почве.

Цель данной работы – анализ адекватности модели гистерезиса водоудерживающей способности почвы.

В [5] представлены системы соотношений, описывающих две ветви зависимости величины объемной влажности почвы θ [см³·см⁻³] от капиллярного давления влаги ψ [см вод. ст.] при опорожнении почвенных пор от воды, начиная с самых широких капилляров и заканчивая самыми узкими порами, а также при заполнении пор водой, начиная с самых узких капилляров и заканчивая самыми широкими порами.

Рассмотрим точку θ_i, ψ_i на главной кривой увлажнения $\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / (1 + (-\psi - \psi_{we})^{n_w})$, характеризующей изотермическое равновесие воды в почве: здесь θ_s [см³·см⁻³] – объемная влажность полного насыщения почвенной толщи водой; θ_r [см³·см⁻³] – минимальный удельный объем жидкой воды в почве; α_w [см вод. ст.⁻¹], ψ_{we} [см вод. ст.] и n_w – интерпретированные параметры. Пусть поровое пространство принимает заранее

определенное количество влаги, но не доходит до полного насыщения, и широкие почвенные капилляры остаются свободными от воды. Такое состояние может рассматриваться как принадлежащее к другому набору точек, которые характеризуют изотерму десорбционного равновесия воды в диапазоне от некоторой исходной влажности почвы до воздушно-сухого состояния почвы, и образуют, соответствующую ветвь иссушения почвы. Эта ветвь водоудерживающей способности почвы называется первичной кривой иссушения почвы. По сравнению с основным иссушением, достижение баланса воды в почве при первичном иссушении происходит в иных условиях: для первичного иссушения характерно, что самые широкие промежутки между частицами почвы, а также внутренние широкие полости не участвуют десорбции влаги из почвы. Это происходит потому, что они не содержат воду в соответствии с исходным состоянием, характеризующимся точкой θ_i, ψ_i на главной кривой увлажнения. Этот феномен учтем заменой параметра θ_s на новый параметр θ_s^* . С учетом положения i -й точки на главной кривой увлажнения первичная кривая иссушения между этой точкой и воздушно-сухим состоянием почвы описывается следующими формулами:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = \theta_r + (\theta_s^* - \theta_r) / (1 + (-\alpha_d(\psi - \psi_{ae}))^{n_d}), \\ \theta_s^* = \theta_s, \psi_{ae} < \psi_{we} \leq \psi_i, \psi < \psi_{ae}; \\ \theta_s^* = \theta_i, \psi_{ae} \leq \psi_i \leq \psi_{we}, \psi < \psi_{ae}; \\ \theta_s^* = \theta_i + (\theta_i - \theta_r) (-\alpha_d(\psi_i - \psi_{ae}))^{n_d}, \psi_i < \psi_{ae} \leq \psi_{we}, \psi \leq \psi_i; \\ \theta = \theta_s, \psi_{ae} < \psi_{we} \leq \psi_i, \psi_{ae} \leq \psi \leq \psi_i; \\ \theta = \theta_i, \psi_{ae} \leq \psi_i \leq \psi_{we}, \psi_{ae} \leq \psi \leq \psi_i. \end{array} \right. \quad (1a)$$

Здесь α_d [см вод. ст.⁻¹], ψ_{ae} [см вод. ст.], n_d – интерпретированные параметры.

Рассмотрим точку θ_j, ψ_j на главной кривой иссушения $\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / (1 + (-\alpha_d(\psi - \psi_{ae}))^{n_d})$, характеризующей изотермическое равновесие воды в почве, из которой удалено заданное количество влаги. При этом почва не достигает гигроскопического состояния, и узкие капилляры остаются заполненными водой. Такое состояние может рассматриваться как принадлежащее к другому набору точек, которые характеризуют изотерму сорбционного равновесия воды в диапазоне от некоторой начальной влажности почвы, до такой, пока почва не будет полностью насыщена влагой, вытесняющей заземленные в тупиковых порах пузырьки воздуха, и образуют соответствующую ветвь увлажнения почвы. Эта ветвь водоудерживающей способности почвы называется первичной кривой увлажнения почвы. По сравнению с основным увлажнением, достижения баланса воды в почве при первичном увлажнении происходит в иных условиях: для первичного увлажнения характерно то, что наиболее узкие промежутки между почвенными частицами, а также мелкие внутриагрегатные и межагрегатные полости не принимают участие в первичной сорбции влаги почвой, поскольку в них присутствует вода в соответствии с исходным состоянием, характеризуемым точкой θ_j, ψ_j на главной кривой иссушения. Этот феномен учтем заменой параметра θ_r на новый параметр θ_r^* . С учетом положения j -й точки на главной кривой иссушения первичная кривая увлажнения между этой точкой и состоянием полного насыщения водой почвы описывается следующими формулами:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = \theta_r^* + (\theta_s - \theta_r^*) / (1 + (-\alpha_w(\psi - \psi_{we}))^{n_w}), \\ \theta_r^* = \theta_j = \theta_r, \psi_j < \psi_{ae}, \psi_j \leq \psi < \psi_{we}; \\ \theta_r^* = \theta_j - (\theta_s - \theta_j) \alpha_w (\psi_j - \psi_{we})^{-n_w}, \psi_j < \psi_{ae}, \psi_j \leq \psi < \psi_{we}; \\ \theta = \theta_s, \psi_j < \psi_{ae}, \psi_{we} \leq \psi; \\ \theta = \theta_j = \theta_s, \psi_{ae} \leq \psi_j, \psi_j \leq \psi. \end{array} \right. \quad (1b)$$

Таким образом, главная ветвь увлажнения переходит в первичную ветвь иссушения, затем первичная ветвь иссушения переходит во вторичную ветвь увлажнения. Аналогичные рассуждения приводят к понятию третичной, четвертичной и т.д. ветвей гистерезисной петли. Совокупность первичных, вторичных и т.д. кривых иссушения и увлажнения называются сканирующими кривыми петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы.

Для проверки адекватности исследуемой модели использованы экспериментальные данные о песчаной почве с плотностью сложения $1,68 \text{ [г·см}^{-3}\text{]}$ и пористостью $0,36 \text{ [см}^3\text{·см}^{-3}\text{]}$ [6]. С помощью компьютерной программы «HYSTERESIS», разработанной [7] на основе этой модели, проведен вычислительный эксперимент по расчету главных и сканирующих ветвей. Результаты показаны на рис. 1.

Представления, которые положены в основу предложенной теории, конечно, требуют более тщательной экспериментальной проверки. Но уже здесь можно утверждать, что они являются более разумными по сравнению с опубликованным предположением, что кривая водоудерживающей способности почвы, которая начинается с последней поворотной точки, пересекается с предыдущей кривой в предпоследней поворотной точке. Конечно, модель гистерезиса водоудерживающей способности почвы, основанная на этом предположении, не может иметь нежелательного «эффекта помпы».

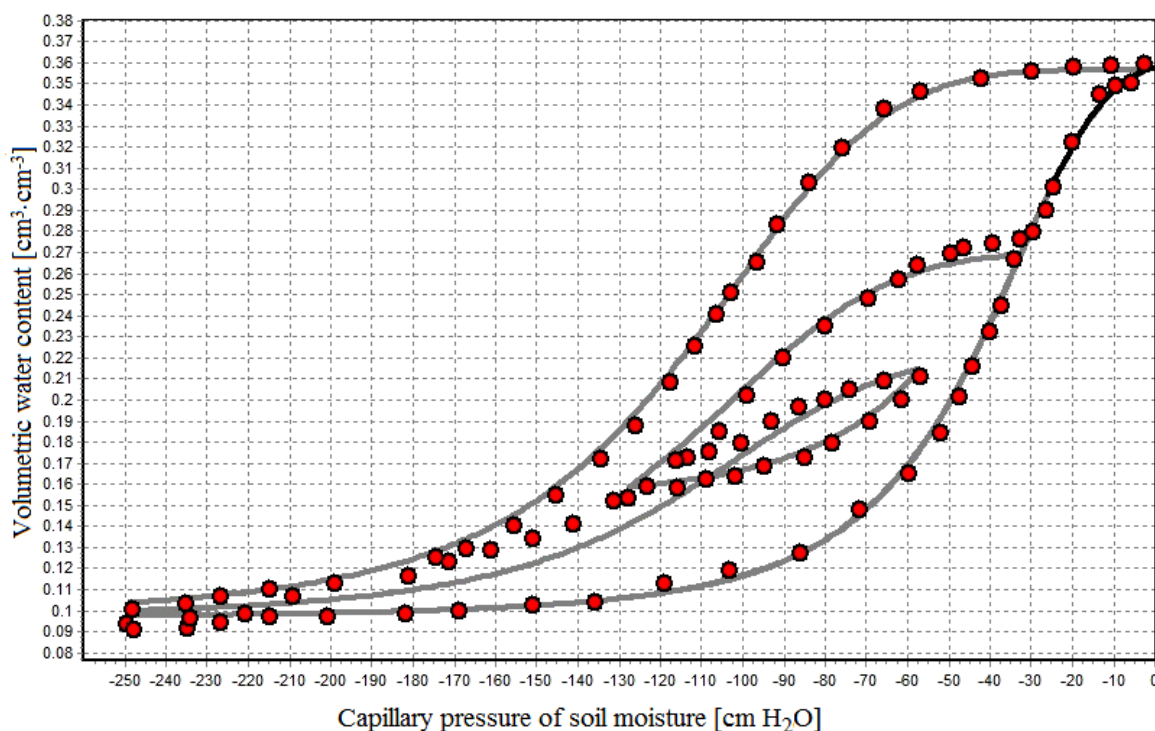


Рис. 1

Однако такая модель не может быть физически адекватной. Действительно, такое предположение означает возможность пересечения любого случайного числа кривых, соответствующих одному и тому же типу (сорбционному или десорбционному) равновесия почвенной влаги в той же точке. Это означает, что в этой точке функция дифференциальной влагоемкости почвы принимает неограниченный набор значений, что противоречит физическому смыслу. Более предпочтительной является концепция [5], согласно которой каждой точке петли гистерезиса соответствует только два значения функции дифференциальной влагоемкости почвы, соответствующих двум различным (сорбция и десорбция) типам равновесия почвенной влаги. Такие взгляды в полной мере согласуются с представлениями о форме кривых, которые образуют петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы и не создают «эффекта помпы» [5].

Выводы. Рассмотренная математическая модель отвечает физическим представлениям о явлении гистерезиса водоудерживающей способности почвы. Данные, которые могут быть получены с помощью этой модели, способствуют организации и проведению предпроектных изысканий, а также планированию строительных работ, таких как устройство фундаментов на слабых грунтах. Исследования и расчет гидрологических характеристик почвы [8-10] (в том числе – гидравлической проводимости почвы [11, 12]) также важен в берегоукрепительных работах, в задачах осушения, морских работах, в расчетах динамики почвенной влаги [13], при прогнозировании продуктивности агроэкосистем [14, 15], и планировании инвестиций в строительство и реконструкцию мелиоративных систем [16, 17]. Нормы поливов, вычисленные с помощью данной методики [18], способны свести к минимуму потери воды при орошении, вызванные эффектом просачивания избытка свободной влаги под действием силы тяжести через почвенную толщу, что, в свою очередь, способствует оптимизации методов орошения сельскохозяйственных культур, а также рациональному использованию водных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сб. «XL Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2011. С. 319-321.
2. Терлеев В.В., Mirschel W., Баденко В.Л., Гусева И.Ю., Гурин П.Д. Физико-статистическая интерпретация параметров функции водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2012. №4(8). С. 1-8.
3. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
4. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование главных ветвей иссушения и увлажнения петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2013. № 1 (9). С. 22-29.
5. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование водоудерживающей способности почвы на основе представлений о капиллярном гистерезисе и логнормальном распределении пор по размерам: теория // Агрофизика. 2014. № 1. С. 9-19.
6. 14. Huang H.C., Tan Y.C., Liu C.W., Chen C.H. A novel hysteresis model in unsaturated soil // Hydrological Processes. 2005. V.19. pp. 1653-1665.
7. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «HYSTERESIS» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб. «Материалы научной сессии по итогам 2012 года». СПб.: АФИ, 2013. С. 161-166.
8. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
9. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности и дифференциальной влагоемкости почвы // Метеорология и гидрология. 2002. Т. 11. С. 93-100.

10. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических характеристик // Метеорология и гидрология. 2005. Т. 12. С. 98-103.
11. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // Науч.-техн. бюлл. по агроном. физике. 1988. Т. 72. С. 33-36.
12. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. 2014. № 2 (14). С. 35-44.
13. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. 2003. Т. 11. С. 90-98.
14. Терлеев В.В., Полуэктов Р.А., Бакаленко Б.И. Структура информационного обеспечения модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур // Агрофизика. 2012. №2. С.29-36.
15. Badenko V., Terleev V., Topaj A. AGROTOOL software as an intellectual core of decision support systems in computer aided agriculture // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 635-637. pp. 1688-1691.
16. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Терлеев В.В. и др. Определение водно-физических свойств почв при мелиоративных изысканиях // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 2. С. 18-21.
17. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Волкова Ю.В., Терлеев В.В. Планирование инвестиций в строительство и реконструкцию мелиоративных систем // Природообустройство. 2013. №3. С. 32-37.
18. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В. Уточненная оценка эффективных запасов продуктивной влаги с учетом гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Метеорология и гидрология. 2015. № 4. С. 79-89.

УДК 627.8.05

А.О. Никоноров, С.Я. Павлов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ: ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Перемышка – это временное сооружение, предназначенное для ограждения котлована от масс воды или грунта, в котором происходит непосредственное строительство опоры моста, причала и т.п. Выполнение работ на воде всегда было более трудоемким и дорогим по сравнению с работами на суше. Ключом к выполнению речных или морских строительных задач является сведение к минимуму надводных и подводных работ, насколько это возможно. В этом могут помочь как перемышки, так и другие ограждающие конструкции [1]. Преимущества перемычек: 1) создание условий для земляных работ и строительства сооружений в случае неблагоприятной окружающей среды; 2) обеспечивают безопасное пространство для работ; 3) стальные шпунтовые сваи, как правило, легко устанавливаются и удаляются [1].

Известным и широко применимым методом является устройство шпунтового ограждения, которое обычно представляет собой шпунтовую стенку из стальных свай (например, шпунт Ларсена), погружаемых вибрационно или вдавливанием [2]. Земляные работы при устройстве шпунтовой стенки могут привести к обрушению, особенно в условиях слабых грунтов [3]. Понижение уровня грунтовых вод во время земляных работ является наиболее важным фактом при планировании и выборе ограждающих конструкций. Каждый метр падения уровня грунтовых вод (УГВ) эквивалентен давлению в 10 кПа в почве относительно исходного УГВ, что, соответственно, приводит к осадке грунта. Строительство на таких неустойчивых слабых грунтах каждый раз является вопросом отдельного исследования. Вопрос об исследовании и моделировании гидрофизических свойств почвы рассмотрен ниже [2].

Цель исследования - выявление преимуществ методики количественной оценки гидрофизических свойств почвы при проведении предпроектных изысканий в области гидротехнического строительства в городской среде (на основе применения перемычек).

Методика основана на математической модели гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористой среды. Эта методика и связанные с ней технологии могут успешно использоваться в подземном строительстве [1]. Увлажнение почвы начинается с того, что водой заполняются мельчайшие поры, и только после того, как они насыщаются влагой, вода начинает заполнять поры большего размера. Иссущение почвы начинается с того, что воздух вытесняет воду из наиболее крупных пор, и только после их опорожнения воздух начинает занимать более мелкие поры. Капиллярное давление одинаково во всех точках топологически замкнутого водного пространства (закон Паскаля). Давление определяется наибольшим радиусом среди всех пор, заполненных влагой [4].

Функцию дифференциальной влагоемкости (ФДВ) почвы $\mu = d\theta/d\psi$, (где θ [см³·см⁻³] – объемная влажность почвы, ψ [см H₂O] – капиллярное давление влаги), как правило, не измеряют. Но ее первообразную – изотерму сорбционных равновесий влаги в почве в виде зависимости $\theta(\psi)$ – измеряют в лабораторных условиях стандартными методами. Эта зависимость формулирует функцию интегральной влагоемкости почвы, которая является показателем водоудерживающей способности почвы и называется основной гидрофизической характеристикой (ОГХ) [5-11]. В [12] приведено описание метода для определения функции гидравлической проводимости (ФГП) почвы $k = k(\psi)$. Описание гидрофизических свойств почвы с помощью ОГХ и ФГП, которые имеют общие параметры, называется методом Муалема-Ван Генухтена [4].

Известно, что поры в естественных структурированных почвах представляют собой капилляры. Предполагается, что за основу моделирования гидрофизических свойств почвы берется система цилиндрических пор с круглым поперечным сечением. Такая система эквивалентна фактическому поровому пространству почвы по ее капиллярным свойствам. Модель случайной логнормальной величины эффективного радиуса пор используется для описания пространства капиллярных пор почвы [13, 14].

Теоретическое обоснование ФДВ дано в [4, 15]. Для описания ФДВ используется соотношение:

$$\mu = \begin{cases} -(\theta_s - \theta_r)(n/4)/(\psi - \psi_{ae}) \exp(-\pi(n/4)^2 \ln^2(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))), & \psi < \psi_{ae}; \\ 0, & \psi \geq \psi_{ae}, \end{cases} \quad (1)$$

где θ_s [см³·см⁻³] – объемная влажность полного насыщения почвы влагой, θ_r [см³·см⁻³] – минимальный удельный объем жидкой воды в почве; ψ_{ae} [см H₂O], α [см H₂O⁻¹] и n – интерпретированные параметры.

ОГХ и ФГП представлены следующими формулами [4]:

$$\theta(\psi) = \begin{cases} \theta_r + (\theta_s - \theta_r)(1/2) \operatorname{erfc}\left(\left(n\sqrt{\pi}/4\right) \ln(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))\right), & \psi < \psi_{ae}; \\ \theta_s, & \psi \geq \psi_{ae}, \end{cases} \quad (2a)$$

$$\frac{k(\psi)}{k_s} = \begin{cases} \left(\frac{1}{(4\sqrt{2})} \sqrt{\operatorname{erfc}\left(\left(n\sqrt{\pi}/4\right) \ln(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))\right)} \right) \left(\operatorname{erfc}\left(\left(n\sqrt{\pi}/4\right) \ln(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))\right) + 2/\left(n\sqrt{\pi}\right) \right)^2, & \psi < \psi_{ae}; \\ 1, & \psi \geq \psi_{ae}, \end{cases} \quad (2b)$$

где k_s [см·сут.⁻¹] – коэффициент фильтрации почвенной влаги.

Для аппроксимации ОГХ и ФГП предложены следующие соотношения [4]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta(\psi) \approx \begin{cases} \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / (1 + (-\alpha(\psi - \psi_{ae}))^n), & \psi < \psi_{ae}; \\ \theta_s, & \psi \geq \psi_{ae}, \end{cases} \\ \frac{k(\psi)}{k_s} \approx \begin{cases} 1 / \sqrt{1 + (-\alpha(\psi - \psi_{ae}))^n} / (1 + \exp(8/(n\pi))(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))^n)^2, & \psi < \psi_{ae}; \\ 1, & \psi \geq \psi_{ae}. \end{cases} \end{array} \right. \quad (3a)$$

$$(3b)$$

Преимуществами рассмотренной модели и усовершенствованного на ее основе метода Муалема-Ван Генухтена являются: во-первых, физически адекватная интерпретация параметров ОГХ и ФГП в рамках концепции гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористой среды [15]; во-вторых, гидрофизические параметры могут быть определены с помощью так называемых почвенно-гидрологических (агрогидрологических) констант [11], например - «наименьшая влагоемкость» (НВ равна значению θ при $rF \approx 2.5$) и влажность устойчивого завядания (ВЗ равна значению θ при $rF \approx 4.2$). Напомним, что rF является десятичным логарифмом абсолютного значения ψ . Наряду с этим, аппроксимация (3a) допускает модификацию для учета явления гистерезиса [14, 16-18].

Кроме того, система гидрофизических функций (1), (2a), (2b), (3a), (3b), представленная здесь, дает возможность повысить точность расчета динамики почвенной влаги, что особенно важно для расчета устойчивости или фильтрационного давления на шпунтовую стенку или перемышку. Это важно при ведении гидротехнических работ на водных объектах или земляных работ в условиях высокого уровня грунтовых вод с использованием временных ограждающих конструкций.

Вывод. Данная методика позволяет уменьшить трудоемкость лабораторных испытаний, оперативно получать надежную оценку водоудерживающей способности и гидравлической проводимости почвы с использованием имеющихся (относительно доступных) данных о гидрофизических свойствах почвы. Ее применение, несомненно, следует отнести к востребованным и весьма перспективным мероприятиям в составе предпроектных изыскания для проведения строительных работ, в том числе - подземных.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Никоноров А.О., Арефьев Н.В., Павлов С.Я. Ограждающие конструкции, используемые при реконструкции гидротехнических сооружений в Санкт-Петербурге // Сб. докладов молодежной научно-практич. конф. в рамках «XLIII Недели науки СПбПУ». 2014. С. 112-114.
2. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Волкова Ю.В. Эколого-энергетические принципы управления энерговодохозяйственными системами // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2014. № 11 (151). С. 131-138.
3. Смоленков В.Ю. Использование микросвай при ремонте набережных // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 6. С. 9-11.
4. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. 2014. № 2 (14). С. 35-44.
5. Бернштейн Г.А., Заславский Б.Г., Сариев А.Л., Терлеев В.В. Информационное обеспечение расчета динамики почвенной влаги // В сб. науч. тр. «Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири», Омск: ОмСХИ, 1988. С. 101-107.
6. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // Тез. докл. Всесоюз. школы-семинара «Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации». Фрунзе: ВНИИКАмелиорация, 1988. С. 82.
7. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
8. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонир. № RU94001487 19.01.1994.

9. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности и дифференциальной влагоемкости почвы // Метеорология и гидрология. 2002. Т. 11. С. 93-100.
10. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. 2003. Т. 11. С. 90-98.
11. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических характеристик // Метеорология и гидрология. 2005. Т. 12. С. 98-103.
12. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // Науч.-техн. бюлл. по агроном. физике. 1988. Т. 72. С. 33-36.
13. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сб. «XL Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2011. С. 319-321.
14. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование водоудерживающей способности почвы на основе представлений о капиллярном гистерезисе и логнормальном распределении пор по размерам: теория // Агрофизика. 2014. № 1. С. 9-19.
15. Терлеев В.В., Mirschel W., Баденко В.Л. и др. Физико-статистическая интерпретация параметров функции водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2012. №4(8). С. 1-8.
16. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
17. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование главных ветвей иссушения и увлажнения петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2013. № 1 (9). С. 22-29.
18. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «HYSTERESIS» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб. «Материалы научной сессии по итогам 2012 года». СПб.: АФИ, 2013. С. 161-166.

УДК 631.1

К.Р. Кутузова, А.Р. Гадылшина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ И ИХ ПОТЕНЦИАЛА НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Существует множество способов определения понятия «агроресурсного потенциала», его структуры и оценки эффективности использования в сельском хозяйстве; это позволяет говорить об актуальности данной проблемы в настоящее время. Одним из важнейших стимулов развития аграрного сектора экономики является поддержание и расширенное воспроизводство плодородия почв, уменьшение степени эродированности и каменистости почвенного покрова.

Количественная и качественные характеристики агроресурсного потенциала становятся необходимыми составляющими увеличения эффективности деятельности сельского хозяйства. К качественной характеристике можно отнести бонитировку, определение средневзвешенного балла покрова, определение балла оценки пользования, также следует учитывать влияние рельефа и климата.

Очевидно, что исследования потенциала почвенных ресурсов отдельного региона (в частности - Ленинградской области) и их анализ являются основополагающим моментом для практически более полезного использования ресурсного потенциала почв.

Цель работы - обоснование мероприятий, необходимых для улучшения показателей, характеризующих агроресурсный потенциал региона (на примере Ленинградской области), сравнение его показателей и выявление общей тенденции.

Земельные ресурсы играют важную роль в формировании агресурсного потенциала региона в целом. Плодородие почв существенно изменяется при сельскохозяйственной эксплуатации земель, следовательно, изменяется состояние почвенных ресурсов.

Мелиоративные мероприятия и оптимизация агрономически важных свойств почв (в том числе – гидрологических характеристик [1]) приводят к повышению плодородия почв, увеличивают агресурсный потенциал (АРП) территории, обеспечивают необходимые агрофизические и агрохимические условия почв, а также способствуют возрастанию урожайности сельскохозяйственных культур [2].

В 2013 г. впервые проведены комплексные исследования имеющихся материалов по Ленинградской области в отношении данных о многолетних агрофизических и агрохимических обследованиях почв, а также об оценке земель. Эта научно-исследовательская работа выполнена специалистами ООО «Агрохимзем» под научным и методическим руководством ученых ГНУ АФИ (руководитель работы – П.А. Суханов) в рамках реализации мероприятий по региональной целевой программе «Плодородие 2008-2013 г.г.». В соответствии с разработанными П.А. Сухановым концепцией АРП и системно-функциональным подходом был рассчитан агресурсный потенциал по каждому району Ленинградской области в сопоставимых зерновых единицах, величина которого составляет применительно к обычным технологиям 863,2 тыс.т., применительно к интенсивным технологиям – 1207,1 тыс.т., а при высоких технологиях (точное земледелие) – 1811,1 тыс. т. зерновых единиц.

Общая площадь земель Ленинградской области к началу 2011 г. составила около 7 318,8 тыс. га, из которых на сельскохозяйственные угодья приходятся порядка 617,4 тыс. га (8,4%) [3] (рис. 1). Во избежание снижения площади сельскохозяйственных угодий из земельного использования из-за их нерациональной эксплуатации, в 2013 г. было рекомендовано: оптимизировать агрофизические и агрохимические показатели плодородия почв на основе агро-мелиоративных, агро-технологических и агро-химических мероприятий; внедрить элементы точного земледелия в технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

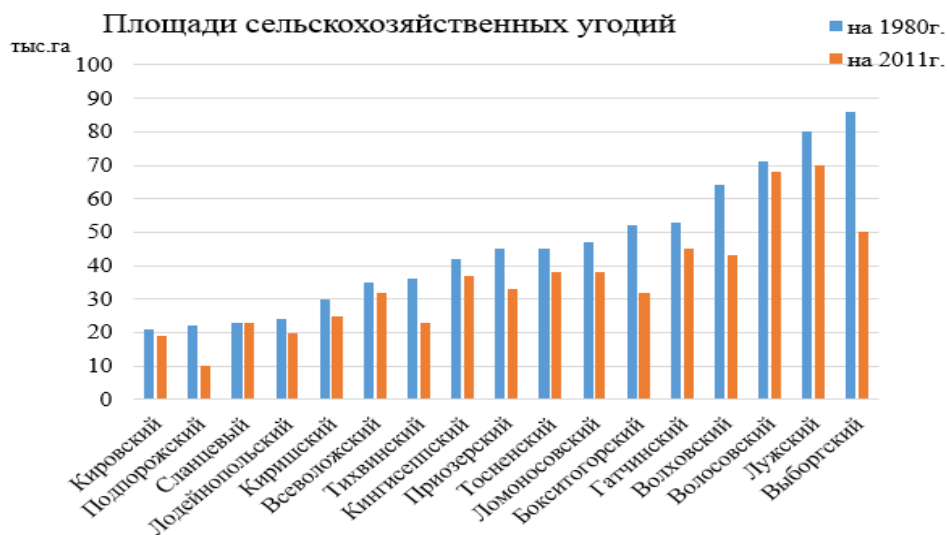


Рис. 2. Сравнение площадей сельскохозяйственных угодий в 1980 г. и 2011 г.

В настоящее время в рамках Государственной программы Ленинградской области «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Ленинградской области на 2014-2020 годы», в соответствии с которой предусмотрен комплекс мер по восстановлению и поддержанию в нормативном состоянии мелиоративных систем, вовлечению в оборот неиспользуемых земель. За два года реализации одной из подпрограмм в области были проведены реконструкция мелиоративных систем на площади 822 га и капитальный ремонт

на площади 5672 га; возвращено в оборот за счет проведения культурнотехнических мероприятий 3 631 га сельскохозяйственных угодий.

В 2015 г. при государственной поддержке было вовлечено в оборот 74,5 га сельскохозяйственных угодий. В 2016 г. продолжаются работы по реконструкции объекта мелиорации площадью 76 га. Также в 2016 г. планировались работы по вовлечению в оборот 2736 га, реконструкция мелиоративных систем на площади 761 га и капитальный ремонт на площади 4 тыс.га [2].

Выводы. По результатам исследования можно сделать следующее заключение:

- общая площадь сельскохозяйственных угодий области с 780 тыс.га в 1981 г. сократилась до 617 тыс.га в 2013 г., т.е. более чем на 160 тыс.га (более 20%) [4];
- существенные потери сельскохозяйственных угодий произошли в Подпорожском (53%), Выборгском (47%) и Тихвинском (37%) районах [5];
- сокращение площади произошло в основном за счет кормовых угодий (более 49 150 тыс.га);
- мероприятия по государственной программе «Развитие сельского хозяйства Ленинградской области» способствуют улучшению качества почв [6-8], но все же не в полной мере достаточны для восстановления утраченных земель.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
2. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Мелиоративные работы в Ленинградской: [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – СПб: 23.05.2016. URL: <http://www.mcsx.ru/news/news/show/51089.78.htm> (дата обрац. 02.10.2016).
3. Суханов П.А., Комаров А.А. Динамика агроресурсного потенциала почв Ленинградской области // Агрохимический вестник. 2013. № 5. С. 4-7.
4. Комаров А.А., Суханов П.А. О мониторинге плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения Ленинградской области // Известия СПбГАУ. 2010. № 21. С. 11-17.
5. Суханов П.А. Почвенные и агроклиматические ресурсы Ленинградской области. Свод правил экологически безопасной сельскохозяйственной практики в условиях ЛО. СПб., 2006. С. 11-16.
6. Беспяхотный, Г.В. Государственная поддержка сельского хозяйства (анализ действующей системы и обоснование её изменений) / Г.В. Беспяхотный, Н.Г. Барышников. М.: Международная федерация Шоу Дао, 2006. 178 с
7. Донченко, А.С. Государственная поддержка сельскохозяйственного производства на региональном уровне: метод. рекомендации / А.С. Донченко, П.М. Петрушкевич, Н.И. Кашеваров. Новосибирск: Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. отделение, Сиб. науч.-исслед. институт экономики сельск. хоз-ва, 2009. 85 с.
8. Свободин, В.А. Определение величины и эффективности использования производственного потенциала сельскохозяйственного предприятия / В.А. Свободин // Экономика сельского хозяйства. 1987. № 9. С. 73-78.

УДК 626.862.4

Д.С. Черноусова, С.С. Серякова, О.П. Гавшина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ МОДЕРНИЗАЦИИ НАБЕРЕЖНОЙ XVIII ВЕКА В ГОРОДСКОЙ ЧЕРТЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

В данной работе рассматриваются инженерные мероприятия [1-3], направленные на восстановление стенки набережной и предотвращение выхода грунтовых вод через облицовку. Модернизация набережной будет заключаться в частичной замене бутовой кладки и перераспределении нагрузок.

Цель работы - обоснование методов восстановления и модернизации набережной XVIII века, в том числе - понижение уровня грунтовых вод (на примере набережной Канала Грибоедова от дома № 131 до Могиловского моста).

Высокий уровень грунтовых вод и некачественный отвод поверхностного стока на каменных набережных приводит к выщелачиванию раствора из бутовой кладки, разрушению расшивки швов облицовки, трещинам в камне и выпиранием и выпучиванием отдельных гранитных блоков. Это приводит набережные в неэстетический вид и уменьшает их несущую способность.

Набережная канала Грибоедова на рассматриваемом участке представляет собой высокую подпорную стенку из бутовой кладки, облицованную гранитным камнем. В основании стенки деревянный ростверк на деревянных сваях. На расстоянии 33,7 м ниже по течению от Пикалова моста расположен спуск к воде (длина спуска - 31,24 м).

Набережная построена в конце XVIII века и является объектом культурного наследия федерального значения (см. Федеральный закон от 24.05.2002 №73-ФЗ). Тротуар набережной вымощен гранитными плитами. Вдоль тротуара установлены чугунные перила, звенья перил заделаны в гранитные тумбы.

За длительный период эксплуатации в стенке набережной появились многочисленные дефекты:

- просела бутовая кладка под гранитной облицовкой;
- гранитная облицовка деформировалась с выпиранием и выпучиванием отдельных блоков;
- нарушена прямолинейность стенки в плане;
- гранитные камни повреждены сколами;
- швы облицовки разрушены.

Для восстановления данной набережной необходимо рассмотреть следующие меры по укреплению и модернизации набережной:

- устройство дренажной системы (вертикальный дренаж, горизонтальный дренаж);
- частичная замена бутовой кладки на бетонную стенку (с консолью длиной примерно 2 м шириной от 0,2-0,4 м);
- новую бетонную стенку опереть на сваи (будут рассмотрены варианты свай, варианты забивки и расположения свай);
- усиление существующей бутовой кладки инъектированием (данная бутовая кладка деформирована, из этого следует необходимость инъектирования) [4-6].

Существующая стенка разбирается на глубину ~ 1,1 м от поверхности фасада. Перед разборкой стенки гранитные плиты облицовки маркируются для последующей установки по месту и транспортируются на строительную площадку для очистки и реставрации. Взамен частично разобранный кладки устраивается железобетонная подпорная стенка, в основании которой - железобетонный ростверк. Плита ростверка выдвинута в русло канала. В основании ростверка два ряда буронабивных свай $d = 600$ мм. Для сохранности существующей водопроводной трубы $d = 640$ мм в месте пересечения ее с набережной сваи располагаются на расстоянии от нее.

Длина свай 16 м определялась с учетом расчетной нагрузки на голову свай и инженерно-геологических условий [7-9]. Основание свай находится в толще глинистых грунтов полутвердой консистенции. Сваи объединены монолитным железобетонным ростверком. Плита ростверка имеет уклон в сторону русла 1:2,5, что позволяет создать профиль дна, соответствующий требованиям ГУП «Ленводхоз», с глубиной воды перед стенкой 1,0 м.

Бетон плиты ростверка и стенки набережной принят со следующими характеристиками: В30, F300, W8. Для гарантированного получения принятых характеристик бетона в условиях колебания уровней воды в периоды наводнений и перепадов температур от морозов до

оттепелей использована добавка ЦМИД-4 (20 кг/м^3). Повышенная марка по водонепроницаемости W8 назначена для выполнения гидроизолирующей функции, предотвращения выщелачивания и образования высолов на фасаде.

Стенка по длине набережной делится деформационными швами на секции. Деформационные швы устраиваются по всей высоте – в гранитной облицовке, железобетонной стенке и плите ростверка. Ряды камней в гранитной облицовке с деталями их крепления устанавливаются после монтажа арматуры и служат опалубкой. Верхняя часть монолитной железобетонной стенки служит основанием для гранитных карнизных и тротуарных плит.

Для предотвращения вымывания грунта из-за стенки в зоне расположения водопроводной трубы укладываются мешки с песчано-цементной смесью (4:1). Мешки соединяются между собой, а их горизонтальные ряды проложены арматурными сетками 5Вр1. На остальных участках грунтозащита стенки обеспечивается погружением деревянного шпунта перед плитой ростверка.

Вывод. Сохранившаяся бутовая кладка стенки для защиты от дальнейшего разрушения укрепляется инъекцией раствора на основе композиции ЦМИД-2П. Для отвода грунтовых вод на участке от Могилевского моста до спуска к воде вдоль тротуара запроектирован горизонтальный дренаж из труб с перфорацией в геоткани [10, 11] (по дренажному трубопроводу грунтовая вода поступает в колодцы из сборных железобетонных элементов $d = 1 \text{ м}$, откуда отводится в канал). Участок набережной от спуска до Пикалова моста насыщен подземными коммуникациями, это обстоятельство не позволяет проложить здесь дренажный трубопровод, поэтому грунтовые воды на этом участке предлагается отводить вертикальными скважинами в песок под грунтом обратной засыпки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Умаров Х.Р., Жамуратов К. Решение задачи о притоке к математическому совершенному горизонтальному дренажу // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 8-4 (19-4). С. 303-307.
2. Ищенко А.В., Лебединец И.С. Исследование плановых задач фильтрации к подземному дренажу // Современные проблемы строительства: материалы международной НПК. РГСУ 2015. С. 282-284.
3. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
4. Кульмач П.П., Филиппенко В.З., Заритовский Н.Г. Морские гидротехнические сооружения. Часть II. Причалные, шельфовые и берегоукрепительные сооружения // ЛВВИСУ. Л., 1991. 391 с.
5. Моторный А.Н., Моторный Н.А. О достоверности совместной работы ростверка свайного фундамента с основанием // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2013. № 12. С. 37-45.
6. Никоноров А.О., Арефьев Н.В., Павлов С.Я. Ограждающие конструкции, используемые при реконструкции гидротехнических сооружений в Санкт-Петербурге // Сборник докладов молодежной научно-практической конференции в рамках XLIII Недели науки СПбПУ 2014. С. 112-114.
7. Булатов Г.Я., Колосова Н.Б., Теплов А.Б. Несущая способность забивной сваи различных форм поперечного сечения. СПб.: Изд-во: Венчур (СУЗИС, ИСИ, СПбГПУ), 2013. № 1(6). С. 22-27.
8. Савинов А.В. Современные методы оценки несущей способности вдавливания свай по предельному усилию погружения // Вестник ВГАСУ. 2013. № 30. С. 80-86.
9. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты.
10. Мельников А.И., Обливанцева Г.Е., Литвинова М.Г., Крашенинников Ю.В. Исследование геотекстильных фильтров дренажей в глинистых грунтах // Студенческая наука: исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды: Тезисы докладов 33-й межвузовской студенческой НТК по итогам НИР студентов в 2013 году. СГАСУ. 2014. С. 207-208.
11. Обливанцева Г.Е., Литвинова М.Г., Мельников А.И. и др. Кольматация геотекстильных фильтров дренажей в глинистых грунтах // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов. Материалы Международной НТК. СГАСУ. 2014. С. 422-425.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ЖИЛОЙ ДОМ В ПОСЕЛКЕ ВОДНЫЙ:
ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Исследования физико-географических условий проводятся для получения информации о гидрогеологических и физико-механических параметрах грунтов участка строительства (их прочности, химико-коррозионной активности), а также о возможности: а) изменения этих параметров в процессе возведения и эксплуатации проектируемого объекта и б) обеспечения мероприятий по защите конструкций от неблагоприятных воздействий окружающей среды. На основании полученных данных определяются оптимальные тип и глубина заложения фундамента с учетом всех вероятных факторов, влияющих на строительство и эксплуатацию инженерных конструкций. Создание проекта и строительство без изучения и полного анализа условий строительной площадки может привести к неравномерным осадкам зданий и сооружений, повреждениям и разрушениям инженерных сетей к необратимым деформациям и их полному выходу из строя [1].

Цель работы – изучение физико-географических условий на участке строительства индивидуального жилого дома.

В ходе выполнения работы авторы обратились в ОАО «Ухтагорпроект»: главный геолог Монаков Ю.К. дал пояснения относительно специфики проведения предпроектных изысканий.

Климатические условия. Климат района изысканий, расположенного на Севере-Востоке Европейской части Российской Федерации, – континентальный: характеризуется сравнительно коротким летом и длинной холодной зимой с устойчивым снежным покровом. Особенности климата определяются небольшим количеством солнечной радиации, некоторым воздействием морей и частой сменой воздушных масс, обусловленной прохождением циклонов. Наиболее развита циклоническая деятельность зимой и осенью, летом она ослабевает. Зимой с циклонами связаны снегопады и метели, летом – пасмурная погода с дождями. Вторжение арктического холодного воздуха зимой сопровождается ясной и морозной погодой, летом вызывает заморозки.

По климатическому районированию район изысканий относится к подрайону 1Д [2], ко II дорожно-климатической зоне [3] и к IV агроклиматической зоне Республики Коми. Средняя годовая температура воздуха за многолетний период составляет $-1,1^{\circ}\text{C}$. Средняя месячная температура с отрицательными значениями охватывают период с октября по апрель. Абсолютный максимум температур наблюдается в июле, абсолютный минимум – в январе. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 80-92 дня. Средняя дата первого заморозка приходится на 28 августа, последнего – на 6 июня. Составлены таблицы со средней месячной и годовой температурой воздуха, абсолютными минимумами температуры воздуха, датами первого и последнего заморозка и продолжительностью безморозного периода. Наибольшее среднемесячное значение относительной влажности воздуха наблюдается в октябре-ноябре, наименьшее – в мае-июне. Средняя годовая влажность воздуха за многолетний период составляет 77%. Среднее за многолетний период годовое количество осадков составляет 540 мм. В теплый период года выпадает в среднем 380 мм осадков, в холодный период – 160 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в августе, наименьшее – в феврале. Жидкие осадки выпадают с июня по ноябрь, твердые – в период с сентября по май. Образование устойчивого снежного покрова приходится на конец октября. Средняя высота снежного покрова составляет 50 см. Разрушение снежного покрова начинается в конце апреля. Направление ветра имеет хорошо выраженный годовой ход:

зимой преобладают ветры юго-западных направлений, летом - северо-западных. В переходные периоды направление ветра неустойчивое. Территория исследования, согласно главе 2.5 ПУЭ, относится к II району по толщине стенки гололеда и к II району по ветровому давлению. На изучаемой территории отсутствуют данные многолетних наблюдений за глубиной сезонного промерзания и температурой грунтов, поскольку таковые наблюдения не проводились. При отсутствии данных нормативная глубина промерзания определяется на основе теплотехнических расчетов [4].

Район изысканий располагается в таежной природной зоне. Преобладают хвойные и смешанные леса. Высота деревьев в лесных массивах от 6-18 м, толщина стволов - до 0,3 м. расстояние между деревьями - 3-5 м. Леса часто заболочены. По таксационным признакам леса относятся в основном к лесам III группы.

По почвенного-географическому районированию район располагается в подзоне распространения глеево-подзолистых почв. Гранулометрический состав почв - суглинистый, реже - супесчаный и песчаный.

Развитие рельефа в четвертичное время на описываемой территории связано с процессами водно-ледниковой аккумуляции. В геоморфологическом отношении район изысканий приурочен к склону водораздельной возвышенности. Площадка исследуемого участка на момент проведения изысканий - ровная с пологим уклоном в юго-восточном направлении (в сторону реки Ухта).

С использованием полученных данных разработаны рекомендации, которые были учтены при проектировании и возведении индивидуального жилого дома в поселке Водный:

- 1) рельеф ровный, с уклоном в юго-восточном направлении в сторону реки Ухта;
- 2) перед началом строительства необходимо изучить гидрологические характеристики территории [5] и произвести ее инженерную подготовку;
- 3) для исключения возможности деформации здания от морозного пучения грунтов необходимо выполнение следующих требований: а) глубина заложения подошвы фундамента должна быть не менее нормативной глубины сезонного промерзания грунтов; б) требуется устройство подушки из песчано-гравийной смеси под подошвой фундамента.

Вывод. Разработанные рекомендации могут быть применены при проектировании и возведении объектов индивидуального жилищного строительства в условиях Республики Коми Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://forum.rmnt.ru/threads/dlja-chego-nuzhny-inzhenerno-geologicheskie-izyskanija.79765/>.
2. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология.
3. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги.
4. Пособие по проектированию железных и автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты.
5. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.

УДК 502.36

П.Б. Амелин, Д.С. Богданова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВОДООТВОДЯЩИЕ СИСТЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РАБОТЕ В КАРЬЕРАХ

В связи с насыщенным ростом добычи различных полезных ископаемых открытым способом в нашей стране появляется необходимость в более широком использовании месторождений, при разработке которых приходится сталкиваться со сложными гидрогеологическими условиями, поскольку месторождения, характеризующиеся не очень большой обводненностью, к нашему времени уже почти все отработаны [0].

Для успешной отработки карьерных полей (месторождение полезных ископаемых) на обводненных месторождениях осуществляется широкий комплекс осушительных работ, таких как: отведение поверхностных вод за пределами площади карьера; отведение грунтовых вод и ливневых вод из площади карьера; использование дренажных горизонтальных скважин в бортах карьера (разветвленная система труб, которые укладываются под углом к водоприемнику) там, где это возможно [0, 0].

Отведение воды из карьеров в зависимости от гидрологических характеристик территории [4], рельефа, глубины расположения полезного ископаемого, насыщенности вскрышных пород грунтовыми водами производится, как правило, наиболее эффективными способами для конкретных условий, поскольку расходы на отведение воды могут существенно увеличивать себестоимость добычи полезного ископаемого.

Цель работы - исследовать методы использования водных ресурсов после откачки из карьера, проанализировать работу водоотводящих систем и их элементов, таких как: а) зумпф (отстойник для сбора вод и гидросмеси); б) дренаж; в) водоотводящие помпы [5, 6].

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи: определить назначение, точки размещения, объемы и мощности, потребность в энергоресурсах, необходимость землеотвода, очистки сточных вод и учета водоотводящих систем. При этом следует учитывать требования водного кодекса и иных природоохранных нормативов, установленных законодательством РФ.

Задачей осушительных работ при освоении новых обводненных месторождений с полезными ископаемыми является: а) заблаговременное снижение напоров и уровня подземных вод для обеспечения выполнения технологических операций по добыче полезного ископаемого (бурение, взрывные работы, погрузка, транспортировка); б) создание наиболее полного перехвата подземных вод за границами уступов карьеров [0, 0].

Все это должно заранее обеспечить устойчивость горных выработок, т.е. исключить возникновение оползней и фильтрационных деформаций в карьере, а также - предотвратить прорывы плывунов и большие притоки воды, чтобы создать условия для повышения производительности труда.

Вопросы естественного и искусственного подтопления и заболачивания промышленных площадок, городских территорий рассматривает С.К. Абрамов [0] и приводит общую характеристику способов их защиты. В [1] представлены описания конструкций и систем подземных дренажей, применяемых в промышленном и городском строительстве, методы их проектирования и расчета. Кроме того, в [1] приводятся примеры уже построенных подземных дренажей и степень эффективности их работы. Также С.К. Абрамов рассматривает способы осушения шахтных и карьерных полей, шахтных стволов и отвалов пустых пород в карьерах [1]. Приведенные расчеты осушения и рассмотренные вопросы, связанные с определением водопритоков (поступление подземных и поверхностных вод в горные выработки), использованы в данном исследовании.

Из [1] можно извлечь рекомендации по выбору способов и систем осушения с учетом гидрогеологических условия (совокупность признаков, характеризующих литологический состав и водные свойства горных пород, условия залегания и движения, качество и количество подземных вод, особенности их режима в природной обстановке и под влиянием искусственных факторов), а также - инженерно-геологических условий месторождений различных полезных ископаемых. На основе обобщения опыта освоения месторождений полезных ископаемых со сложными гидрогеологическими условиями рассмотрены способы защиты карьеров от воды, обеспечивающие безопасные и благоприятные условия ведения горных работ и охрану природного режима вод.

В [3] изложены основные положения по проектированию и обоснованию сооружений, а также по защите карьеров от поверхностных и подземных вод. Из этой работы взяты

описания условий применения, типы дренажных и барражных устройств (способ защиты шахт и карьеров от подземных вод путем полного или частичного ограждения горных выработок с помощью водонепроницаемых устройств) и методы их расчета. В [3] даны ответы на вопросы о защите карьеров от воды на месторождениях полезных ископаемых со сложными гидрогеологическими условиями.

Вопросы устойчивости бортов карьеров и отвалов представлены в книге Г.Л. Фисенко [7]. В [8] дана геоэкологическая оценка нарушенных земель при добыче полезных ископаемых, приведен процесс открытой карьерной добычи полезных ископаемых. Методы оценки гидрогеологических условий открытой разработки месторождений и обоснования рациональных систем осушения глубоких карьеров представлены в статье Ю.И. Волкова: здесь предложена технология осушения рабочей зоны карьера с использованием лучевых горизонтальных дренажных скважин [9].

В [5] приведено описание технологий осушения, сохранения и использования водоемов. Эффективность осушения бортов карьера системами горизонтальных дренажных скважин в зависимости от их расположения относительно простирания борта рассмотрена в статье Воронина А.А. и Пономаренко Ю.В. [6], в которой проанализирована эффективность осушения прибортового массива горных пород при двух предельных схемах заложения дренажных скважин. События в Крымске и наводнение на Дальнем Востоке говорят о важности проведения мониторинга водоемов и водотоков с оценкой площадей их водосбора и зеркала [10].

При добыче минерального сырья в карьерах особое внимание следует уделять охране атмосферного воздуха и схеме обращения с отходами производства и потребления, что позволит снизить производственный риск для человека и геоэкосистемы. Рекультивационные мероприятия, выполняемые по окончании производственного процесса, создадут условия для формирования благоприятного микроклимата аридных территорий, восстановления и сохранения плодородия почвенных ресурсов.

Выводы. При водоотведении из карьеров следует использовать смешанный способ, который включает в себя: отведение из зумпфа дождевой воды, стекающей со стен карьера, и подземных вод; откачку воды, которая производится после набора воды конкретного уровня (это необходимо для того, чтобы вода не заполнила карьер полностью). Для укрепления бортов следует использовать дренаж, который способствует отведению грунтовых вод и гидросмеси в зумпф карьера.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абрамов С.К. Подземные дренажи в промышленном и гражданском строительстве. М.: Стройиздат, 1973. 57 с.
2. Абрамов С.К., Скиргелло О.Б. Осушение шахтных и карьерных полей. М.: Недра, 1968. 81 с.
3. Абрамов С.К., Газизов М.С., Костенко В.И. Защита карьеров от воды. М.: Недра, 1976. 173 с.
4. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
5. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fls-gidrostroy.ru>.
6. Воронин А.А., Пономаренко Ю.В. Об эффективности горизонтальных дренажных скважин при осушении бортов карьеров // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2011. Т. 17. № 21. С. 99-120.
7. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965. 67 с.
8. Тажетдинова Н.С., Курмангалиева А.Р., Иولين М.М., Сулейманов А.Р. Геоэкологическая оценка и рекультивация нарушенных земель при добыче полезных ископаемых на примере Астраханской области // Естественные науки. 2012. № 3. С. 59-68.
9. Волков Ю.И. Современные методы оценки гидрогеологических условий и обоснования систем осушения карьеров // Горный журнал. 2009. № 11. С. 5-12.
10. Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Ковалев В.О., Крупин В.А., Попко В.В. Изменение площадей водосбора и зеркала водоемов спутниковыми навигаторами // В Сб. «XLII Неделя науки СПбГПУ»: материалы науч.-практ. конф. с международ. участ. СПб.: СПбГПУ. 2014. С. 91-93.

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

В настоящее время в Республике Крым чрезвычайно остро обозначена проблема обращения с отходами, которая связана не только с оптимизацией управления потоками отходов и санитарной очисткой территорий поселений, но и с наличием в границах населенных пунктов закрытых, но высоконагружаемых в ретроспективе полигонов твердых бытовых отходов (далее полигонов ТБО), санкционированных и несанкционированных свалок [4]. Законодательство Украины не регламентировало требование о расположении полигонов ТБО за границами городов, что обусловило размещение таких объектов на землях населенных пунктов.

Средний годовой объем образования твердых коммунальных отходов (далее ТКО) в Крыму – более 7 млн. м³. По состоянию на 2016 г. в Республике Крым функционируют 28 полигонов ТБО, из которых в Госреестр объектов размещения отходов включен только 1 полигон – ООО «Инсайт-2007» в селе Тургенево Белогорского района. В г. Севастополе эксплуатируется 1 общегородской полигон ТБО (ТКО), расположенный в Первомайской балке в районе города Инкерман. Следует сделать акцент на том, что в каждом поселении Крыма имеется от 1 до 3 закрытых и не эксплуатируемых полигона (свалки), которые занимают площадь от 1 до 20 га в зависимости от срока функционирования объекта, объемов отходов и величины населенного пункта. Рациональное использование земель поселений требует рекультивации закрытых полигонов и свалок с возвращением земельных участков в полноценный хозяйственный оборот. До 2018 г. планируется осуществить рекультивацию на полигонах ТБО в городах Евпатория, Феодосия, Джанкой, Армянск, пгт. Черноморское, Красногвардейское, Советский, Ленино. Перед Севастополем стоит задача рекультивации участков старых свалок на Мекензиевых горах и в районе бывшего Крымского термического завода, которые находятся в границах города.

Выбору направления рекультивации и перспективного использования рекультивированного участка должны предшествовать инженерно-экологические изыскания, результатом которых станет агрегированная оценка геоэкологического состояния земельного участка и его пригодности для размещения иных объектов.

Целью данной работы является анализ результатов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий и оценка экологического состояния свалки в районе Крымского термического завода (г. Севастополь), предусмотренной к рекультивации. К основным задачам, помимо установленных в [2], относится также зонирование свалки по качественному составу отходов и определение газогенерирующей способности толщи.

Методы исследования. Геоэкологические изыскания на объектах размещения отходов базируются на инженерно-геологических изысканиях [1], лабораторных химико-аналитических исследованиях, измерениях удельной активности естественных радионуклидов и эмиссии биогаза.

Территория свалки занимает около 30,0 га общей площади и имеет сложную конфигурацию в плане. Складирование гетерогенных отходов, включая бытовые, строительные, производственные и золошлаковые, осуществлялось с 1960-х гг. В настоящее время территория свалки расположена на расстоянии 500-600 м от жилого микрорайона, окраины свалки застраиваются складскими объектами. Подземные воды на глубину до 30 м

не вскрыты. По материалам бурения, описаниям геологических колонок и анализам морфологического состава отходов из скважин выполнено зонирование территории свалки по морфологии слагающей толщи:

1. Зона бытовых отходов. Насыпные грунты, представленные бытовыми отходами, сосредоточены в южной и центральной части свалки, мощность бытовых отходов достигает 10,5 м, плотность - 1,48-1,80 г/м³. Отходы неоднородны по составу, имеют различную плотность, влажность и сжимаемость. Бытовой мусор состоит из разложившихся пищевых отходов, древесины, бумаги, картона, ветоши, тары и упаковки и пр. Общая площадь зоны бытовых отходов составляет 16 га.

2. Зона золошлаковых отвалов Крымского термического завода (не эксплуатируется). Золошлакоотвалы представлены шлаком и золой уноса переработанных на термическом заводе отходов. Плотность шлаковых отходов изменяется от 1,14 до 1,71 г/см³. Растворимость золошлакоотвалов достигает 28%. Этот вид отходов складировался обособленно в западной части свалки в виде полосы общей площадью 2,9 га. Бытовые отходы в золошлаковых отвалах не встречены, следов разложившейся органики нет.

3. Зона строительных отходов. Отвалы строительного мусора без участия ТБО и шлаков термического завода приурочены, в основном, к краям свалки в прилегающих к автомагистрали районах. Плотность отходов, представленных строительным мусором, составляет от 1,90 до 2,26 г/см³. Мощность строительных отходов с южной и северной сторон свалки не превышает 1,0-1,5 м. Общая площадь зоны – 11,1 га.

Общим для всех зон является то, что насыпной грунт повсеместно не уплотнен (несмотря на давность отсыпки), особенно в местах распространения бытовых отходов, что обусловлено их составом и характером складирования, а также - процессами разложения органических веществ.

Газогенерирующая способность толщи свалки в зоне бытовых отходов довольно низкая. Приемлемый потенциал биогаза имеют организованные полигоны отходов, где выдержаны необходимые условия газообразования.

Химический состав и степень загрязнения грунтов устанавливались по содержанию тяжелых металлов и нефтепродуктов. Накопление в толще свалки загрязняющих веществ зависит от характера отходов (состава, состояния, возраста, их локализации в теле и на поверхности свалки) и в целом происходит неравномерно.

Для оценки общего химического загрязнения территории использовался суммарный показатель химического загрязнения Z_c [3], характеризующий степень загрязнения грунтов вредными веществами различных классов опасности. Суммарное загрязнение Z_c токсичными веществами для исследуемого объекта лежит в диапазоне $Z_c = 16-32$, что соответствует категории «умеренно-опасная». Характер химического состава толщи отходов, не свойственный морфологии ТБО, свидетельствует о предшествующем захоронении производственных отходов.

Радиационный контроль отходов не обнаружил отклонений от норм радиологической безопасности по суммарной удельной активности естественных радионуклидов (радия Ra-226, тория Th-232, калия K-40 и радона).

Выводы. Рекультивации старых свалок и полигонов должны предшествовать почвенно-мелиоративные, инженерно-экологические и инженерно-гидрологические [5] изыскания, результаты которых позволят определить направления дальнейшего использования участка. Для свалки в районе бывшего Крымского термического завода целесообразно после рекультивации предусмотреть вариант вторичного использования площади для размещения коммунально-складских объектов в зоне строительных отходов; остальная территория рекомендуется к благоустройству, озеленению и созданию ландшафтных зон.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения». Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.
2. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие положения. М.: Госстрой России, 2003. 36 с.
3. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: Методические указания. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 38 с.
4. Орлова Т.А. Геоэкологические изыскания на старых свалках твердых бытовых отходов // Твердые бытовые отходы: научно-практический журнал. Москва, 2012. №8. С. 44-48.
5. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.

УДК 579.64

А.В. Абрамова
Алтайский государственный университет

СЕМЕЙСТВО МОДЕЛЕЙ КООПЕРАТИВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПРОЦЕССА СИМБИОТИЧЕСКОЙ АЗОТФИКСАЦИИ

Теория эволюционных игр – сравнительно новый и активно развивающийся аппарат математического исследования и объяснения картины кооперативных и конкурентных взаимодействий в живой природе. В отличие от классической теории игр, подходы, основанные на имитационном динамическом моделировании репликаторной динамики взаимодействующих неоднородных популяций, позволяют не просто получить спектр возможных решений, но выделить среди них эволюционно-обусловленные и устойчивые в эволюционном смысле стратегии кооперативного поведения (эволюционно-стабильные стратегии). В рамках данного исследования указанный аппарат применяется к построению оригинальной модели процесса симбиотической фиксации атмосферного азота корнями бобовых растений.

В 2015 г. в рамках поддержанной грантом РФФИ стажировки в Агрофизическом НИИ была успешно выполнена работа по созданию агентно-ориентированной математической модели симбиотической азотфиксации и исследованию ее методами теории оптимального управления (рис. 1). В частности, было показано, что в широком классе формализаций двухагентной (растение и ризобии) и двухкомпонентной (азот и углерод) модели симбиотической азотфиксации в игровой постановке практически в течение всего жизненного цикла системы стратегии взаимодействующих агентов оказываются неантагонистичными, и оптимальным оказывается одновременный сбалансированный рост [1, 2]. Вместе с тем, остается открытым вопрос об эволюционном генезисе и эволюционной устойчивости подобного кооперативного поведения. В качестве альтернативного инструмента исследования, позволяющего ответить на данные вопросы, может послужить разработанная Дж. Мейнард-Смитом и Дж. Прайсом теория эволюционных игр.

Цели и задачи работы. Сущность предлагаемого подхода в контексте рассматриваемой проблемы моделирования симбиотической азотфиксации состоит в том, чтобы определить устойчивые в эволюционном смысле стратегии субъектов игрового взаимодействия в специализированном имитационном эксперименте. В его ходе должна быть смоделирована совместная коэволюция двух достаточно больших популяций индивидуумов рассматриваемых субъектов (бобовых растений и колоний бактерий-ризобий) в процессе смены значительного числа поколений. Движущей силой модельного естественного отбора при этом выступает неоднородность популяций по управляющему параметру (доли производимого первичного ресурса роста, передаваемой партнеру по кооперации),

определяющему выбранную каждым индивидуумом стратегию поведения в парной игре. Предельное распределение значений этого параметра в популяциях на больших временах принимается в качестве оценки искомой эволюционно-обеспеченной стратегии для конкретного типа агентов. Отдельными задачами в рамках проекта является установление границ эволюционной устойчивости различных качественных типов решений в чистых и смешанных стратегиях, в том числе - при наличии альтернативных источников получения лимитирующего ресурса роста (например, потеря устойчивости растительно-ризобиального симбиоза при увеличении содержания свободного минерального азота в почве).



Рис. 1. Схема развития моделей по мере усложнения поведения агентов

В среде AnyLogic разработано семейство моделей [3, 4], описывающих как рост индивидуальных организмов – объектов потенциального бобово-ризобиального симбиотического взаимодействия (системно-динамическая модель, короткий временной масштаб), так и динамику коэволюции неоднородных популяций этих объектов в режиме эволюционной игры (агентная модель, длительный временной масштаб).

Выводы. Созданная в среде имитационного моделирования AnyLogic оригинальная мультипарадигменная (агентная плюс системно-динамическая) модель симбиотической азотфиксации допускает прямую имитацию в режиме эволюционной игры, т.е. с учетом смены поколений неоднородных популяций взаимодействующих агентов. При этом сравнительная приспособленность (репродуктивный успех) каждого экземпляра определяется его сравнительным выигрышем в парной игре со случайно выбранным экземпляром класса агента-симбионта. В дальнейшем планируется:

- исследование полученной модели путем проведения серии компьютерных вычислительных экспериментов (в том числе – совместно с подмоделью гидрологических условий среды обитания ризобий [5]);
- определение границ существования устойчивости решений в чистых и смешанных стратегиях в зависимости от значений определяющих параметров;
- усложнение построенной модели введением в подмодель процесса элементарного парного симбиотического взаимодействия растения и ризобий альтернативного источника получения лимитирующего субстрата роста, не требующего от растения необходимости вступления в кооперацию с бактериями (доступный минеральный азот в почве);
- исследование получившихся «несимметричных» моделей и определение границ устойчивости «симбиотически-ориентированного» поведения агентов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Топаж А.Г., Абрамова А.В. Гибридные модели симбиотической азотфиксации // Сборник трудов Седьмой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2015)», М., 2015. С. 380-384.
2. Абрамова А.В., Топаж А.Г., Хворова Л.А. Агентный подход в моделировании симбиотической азотфиксации: от пассивных объектов к активным субъектам взаимодействия // Агрофизика. 2015. № 4(20). С. 49-62.
3. Хворова Л.А., Топаж А.Г., Абрамова А.В., Неупокоева К.Г. Подходы к описанию симбиотической азотфиксации. II. Анализ подходов к математическому моделированию процесса // Известия АлтГУ. 2015. №1(85/1). С. 192-196.
4. Абрамова А.В., Топаж А.Г., Хворова Л.А. Исследование особенностей процесса симбиотической азотфиксации и их реализация в имитационной модели в среде AnyLogic // Омский научный вестник. 2015. № 3. С. 289-292.
5. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.

УДК 631.43

Т.А. Сергеева, Р.С. Гиневский, В.А. Лазарев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОДЕЛЬ ГИСТЕРЕЗИСА ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ: ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

При изучении гидрологических условий территории для обоснования проекта гидромелиоративного строительства возникает необходимость исследования гидрофизических свойств почвы [1-3]. Для этого целесообразно применять математическую модель почвы: с помощью этой модели могут быть проведены вычислительные эксперименты, а также рассчитаны оценки ряда важных гидрофизических показателей, например – водоудерживающую способность [4] и гидравлическую проводимость почвы [5]. При построении математической модели водоудерживающей способности почвы существует проблема физического обоснования и учета явления гистерезиса [6, 7].

Цель работы – обоснование модели гистерезиса водоудерживающей способности почвы в рамках представлений о строении порового пространства почвы, а также о капиллярных явлениях в почвенных порах.

Для разработки модели водоудерживающей способности почвы, или основной гидрофизической характеристики (ОГХ), объект исследования, т.е. почва, был представлен в виде некоторого тела, состоящего из цилиндрических капилляров кругового сечения и которое по своим сорбционным свойствам эквивалентно реальной почве. Для описания распределения объемов почвенных капилляров используется модель нормальной случайной величины $\ln \bar{r}$, где $\bar{r} = (r - r_{\min}) / (r_{\max} - r)$ – эффективный радиус поры, r – радиус капиллярной поры, $r_{\max}$ и $r_{\min}$ – соответственно максимальное и минимальное значения величины r [8].

Однако в реальности почва представляет собой пористое тело, поры которого таковы: площадь их поперечного сечения (по отношению к движению влаги) не является постоянной (так называемый «эффект четок»); часть пор являются замкнутыми, или тупиковыми, (непроточными).

Это приводит к тому, что при одном и том же значении капиллярного давления влаги почва в состоянии сорбционного равновесия удерживает меньшее количество воды, чем в состоянии десорбционного равновесия. Это объясняется тем, что при увлажнении сначала

маленькие поры заполняются водой, а затем - большие; а при иссушении опорожнение пор от влаги происходит в обратном порядке.

В лабораторных условиях, для вытеснения воды из почвы (например, в пневматическом прессе), необходимо, чтобы давление стало равным P_{ae} – давлению выхода воды [9]. При увлажнении почвы должно быть достигнуто такое давление, при котором воздух из почвы выйдет в атмосферу, а поры заполнятся водой. Такое давление называется давлением входа воды P_{we} . При достижении избытка давления газов (в пневматическом прессе) значения $\Delta P_{ae} = P_{ae} - P_a$ (где P_a - атмосферное давление) сила взаимодействия между молекулами воды и поверхностью почвенных частиц ослабевает настолько, что часть воды переходит в категорию свободной гравитационной влаги и стекает из почвы через мембрану в поддон.

Избытку газового давления относительно внешнего атмосферного давления соответствует значение капиллярного давления влаги в самой крупной почвенной поре $\psi_{ae} = -\Delta P_{ae} = -\beta/r_{\max} < 0$ ($\beta = 0,149 \text{ см}^2$ - размерная константа в формуле Лапласа) [10].

В соответствии с данными представлениями приведено описание зависимости объемной влажности почвы θ ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$) от капиллярного давления влаги ψ ($\text{см H}_2\text{O}$):

$$\theta = \begin{cases} \theta_r + ((\theta_s - \theta_r)/2) \operatorname{erfc}((n\sqrt{\pi}/4) \ln(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))), & \psi < \psi_{ae}; \\ \theta_s, & \psi \geq \psi_{ae}; \end{cases} \quad (1)$$

где θ_s - объемная влажность полного насыщения почвы влагой ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$); θ_r - минимальный удельный объем жидкой воды в почве ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$); α ($\text{см H}_2\text{O}^{-1}$) и n - интерпретированные параметры.

Для ОГХ (1) в [11] предложена аппроксимация:

$$\theta \approx \begin{cases} \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / (1 + (-\alpha(\psi - \psi_{ae}))^n), & \psi < \psi_{ae}; \\ \theta_s, & \psi \geq \psi_{ae}. \end{cases} \quad (2)$$

Соотношение (1) описывает так называемую логнормальную модель водоудерживающей способности почвы; формула (2) – аппроксимирует эту модель в классе элементарных функций и представляет собой модификацию ОГХ, предложенной в [12].

Использование представлений о природе явления гистерезиса в капиллярных порах почвы позволило получить две системы формул, описывающих главные (десорбционную и сорбционную) ветви петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы.

Первая система имеет вид:

$$\begin{cases} \theta = \begin{cases} \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / (1 + (-\alpha_d(\psi - \psi_{ae}))^{n_d}), & \psi < \psi_{ae}; \\ \theta_s, & \psi \geq \psi_{ae}; \end{cases} \\ \alpha_d = -1/(\psi_{0,d} - \psi_{ae}) = r_{0,d}/\beta, \quad n_d = 4/(\sigma_d \sqrt{2\pi}). \end{cases} \quad (3a)$$

Вторая система имеет вид:

$$\begin{cases} \theta = \begin{cases} \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / (1 + (-\alpha_w(\psi - \psi_{we}))^{n_w}), & \psi < \psi_{we}; \\ \theta_s, & \psi \geq \psi_{we}; \end{cases} \\ \alpha_w = -1/(\psi_{0,w} - \psi_{we}) = r_{0,w}/\beta, \quad n_w = 4/(\sigma_w \sqrt{2\pi}). \end{cases} \quad (3b)$$

В системах соотношений (3a) и (3b) ψ_{ae} - капиллярное давление, соответствующее давлению входа воздуха в самую крупную почвенную пору и вытеснения из нее воды (давление барботирования); ψ_{we} - капиллярное давление, соответствующее давлению входа

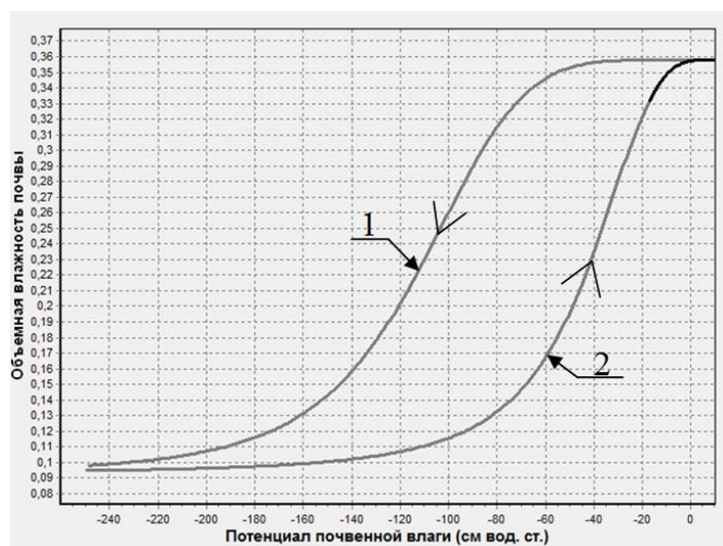


Рис. 7. Главные ветви иссушения (1) и увлажнения (2)

Вышеприведенные формулы лежат в основе вычислительных алгоритмов компьютерной программы «HYSTERESIS» [13], с помощью которой (присвоив соответствующие значения гидрофизическим параметрам) имеется возможность построить главные и сканирующие ветви увлажнения и иссушения гистерезисной ОГХ. На рис. 1 представлено диалоговое окно этой программы с демонстрацией главных ветвей иссушения и увлажнения петли гистерезиса водоудерживающей способности супесчаной почвы [14].

Выводы. Все параметры исследованной гистерезисной ОГХ имеют физический (физико-статистический) смысл и могут быть оценены по косвенным данным о физических свойствах почвы. Физически интерпретированная ОГХ обладает свойством экстраполяции, т.е. она позволяет предсказывать сканирующие ветви с использованием данных только о главных ветвях гистерезисной петли, что имеет важное практическое значение в инженерных почвенно-мелиоративных расчетах, а также для прогнозирования динамики почвенной влаги и урожайности сельскохозяйственных культур [15].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бернштейн Г.А., Заславский Б.Г., Сариев А.Л., Терлеев В.В. Информационное обеспечение расчета динамики почвенной влаги // В сб. науч. тр. «Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири», Омск: ОмСХИ, 1988. С. 101-107.
2. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // Тез. докл. Всесоюз. школы-семинара «Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации». Фрунзе: ВНИИКАмелиорация, 1988. С. 82.
3. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
4. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонир. № RU94001487 19.01.1994.
5. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // Науч.-техн. бюлл. по агроном. физике. 1988. Т. 72. С. 33-36.
6. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
7. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование главных ветвей иссушения и увлажнения петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2013. № 1 (9). С. 22-29.

воды в самую узкую тупиковую почвенную пору и вытеснения из нее заземленного воздуха; $r_{0,d}$ и $r_{0,w}$ радиусы почвенных пор, которым соответствуют $\ln \bar{r}_{0,d}$ и $\ln \bar{r}_{0,w}$ - наиболее вероятные значения случайной величины $\ln \bar{r}$ для десорбционного и сорбционного равновесий; σ_d и σ_w - значения стандартного отклонения случайной величины $\ln \bar{r}$ для десорбционного и сорбционного равновесий.

8. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сб. «XL Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2011. С. 319-321.
9. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. 2014. № 2 (14). С. 35-44.
10. Brutsaert W. A concise parameterization of the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Adv. in Water Resources. 2000. V. 23. P. 811-815.
11. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование водоудерживающей способности почвы на основе представлений о капиллярном гистерезисе и логнормальном распределении пор по размерам: теория // Агрофизика. 2014. № 1. С. 9-19.
12. Haverkamp R., Vauclin M., Touma J., Wierenga P.J., Vachaud G. A comparison of numerical simulation model for one-dimensional infiltration // Soil Sci. Soc. Am. J. 1977. V. 41. P. 285-294.
13. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «HYSTERESIS» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб. «Материалы научной сессии по итогам 2012 года». СПб.: АФИ, 2013. С. 161-166.
14. Huang H.C., Tan Y.C., Liu C.W., Chen C.H. A novel hysteresis model in unsaturated soil // Hydrological Processes. 2005. V.19. pp. 1653-1665.
15. Badenko V., Terleev V., Topaj A. AGROTOOL software as an intellectual core of decision support systems in computer aided agriculture // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 635-637. pp. 1688-1691.

УДК 631.43

В.А. Лазарев, Р.С. Гиневский
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АППРОКСИМАЦИЯ ЛОГНОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ГИСТЕРЕЗИСА ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ В КЛАССЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ФУНКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Для решения ряда инженерных задач требуется исследовать гидрофизические свойства почвы, например – водоудерживающую способность. Это свойство описывается показателем, который называется основной гидрофизической характеристикой (ОГХ) [1] и выражается через зависимость объемной влажности почвы θ ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$) от капиллярного давления (капиллярно-сорбционного потенциала) влаги ψ ($\text{см H}_2\text{O}$) [2-5]. При моделировании динамики почвенной влаги [6-8] и построении модели водоудерживающей способности почвы существует ряд проблем, в том числе – проблема учета явления гистерезиса при физическом обосновании, математическом формулировании и аппроксимации ОГХ [9].

Цель исследования – оценка точности аппроксимации логнормальной модели гистерезиса водоудерживающей способности почвы для главных кривых иссушения и увлажнения [10-12] по данным прямых измерений ОГХ песчаной почвы [13].

В [14] представлено описание водоудерживающей способности почвы в виде:

$$\begin{cases} d\bar{\theta}/dx = \exp(-x^2)/\sqrt{\pi}, \\ \bar{\theta} = \int_{-\infty}^x \exp(-x^2)dx/\sqrt{\pi} = (\text{erf}(x)+1)/2 = (1/2)\text{erfc}(-x), \end{cases} \quad (1)$$

где $\bar{\theta} = (\theta - \theta_r)/(\theta_s - \theta_r)$ – эффективное влагонасыщение почвы, θ_s – объемная влажность полного насыщения почвы влагой ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$), θ_r – минимальный удельный объем жидкой воды в почве ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$); $x = \ln(\bar{r}/\bar{r}_0)/(\sigma\sqrt{2})$; $\bar{r} = (r - r_{\min})/(r_{\max} - r)$, r – радиус поры; $r_{\min}$ – радиус мельчайшей поры, $r_{\max}$ – радиус самой крупной поры; σ – среднеквадратическое отклонение

нормальной случайной величины $\ln \bar{r}$; $\bar{r}_0$ - значение эффективного радиуса почвенных пор, соответствующее наиболее вероятному значению $\ln \bar{r}$ нормальной случайной величины $\ln \bar{r}$; $\operatorname{erf}(x)$ - функция ошибок ($\operatorname{erf}(x_0) = 0$ и $\bar{\theta}(x_0) = 1/2$ при $x = x_0 = 0$); $\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x)$.

Из формул (1) вытекает соотношение:

$$4\bar{\theta}(1 - \bar{\theta}) = 1 - \operatorname{erf}^2(x). \quad (2)$$

Если воспользоваться аппроксимацией Виницкого $1 - \operatorname{erf}^2(x) \approx \exp(-x^2((4/\pi) + ax^2)/(1 + ax^2))$, $a = 8(\pi - 3)/(3\pi(4 - \pi))$ [15], а затем привести ее к более простому виду: $1 - \operatorname{erf}^2(x) \approx \exp(-x^2)$, то из формул (1) и (2) вытекает приближенное равенство:

$$d\bar{\theta}/(\bar{\theta}(1 - \bar{\theta})) \approx (4/\sqrt{\pi})dx. \quad (3)$$

Заменив в соотношении (3) знак приближенного равенства на знак точного равенства, получим аналог уравнения Ферхюльста. Решением этого уравнения с граничным условием $\bar{\theta}(x)|_{x=0} = 1/2$ является логистическая кривая, которая аппроксимирует зависимость $\bar{\theta} = \bar{\theta}(x)$ в классе элементарных функций:

$$\bar{\theta} = (1/2)\operatorname{erfc}(-x) \approx 1/(\exp(-4x/\sqrt{\pi}) + 1). \quad (4)$$

Учитывая связь между величинами x и $\bar{r}$, приведем формулу (4) к виду:

$$\bar{\theta} = (1/2)\operatorname{erfc}((1/(\sigma\sqrt{2}))\ln(\bar{r}_0/\bar{r})) \approx 1/\left(1 + (\bar{r}/\bar{r}_0)^{-4/(\sigma\sqrt{2\pi})}\right). \quad (5)$$

Используя закон Лапласа, приведем соотношение (5) к виду:

$$\bar{\theta} = \begin{cases} (1/2)\operatorname{erfc}((n\sqrt{\pi}/4)\ln(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))) \approx 1/(1 + (-\alpha(\psi - \psi_{ae}))^n), & \psi < \psi_{ae}; \\ 1, & \psi \geq \psi_{ae}. \end{cases} \quad (6)$$

$\alpha = r_0/\beta$ (см H_2O^{-1}); $n = 4/(\sigma\sqrt{2\pi})$; $\beta = 0,149$ (см²) - размерная константа в законе Лапласа [16].

С использованием аппроксимации построена модель гистерезисной ОГХ, которая для десорбционного равновесия влаги в почве (с применением индексов «d») имеет вид:

$$\begin{cases} \bar{\theta} = \begin{cases} 1/(1 + (-\alpha_d(\psi - \psi_{ae}))^{n_d}), & \psi < \psi_{ae}; \\ 1, & \psi \geq \psi_{ae}; \end{cases} \\ \alpha_d = r_{0,d}/\beta = -1/(\psi_{0,d} - \psi_{ae}), \quad n_d = 4/(\sigma_d\sqrt{2\pi}); \end{cases} \quad (3a)$$

для сорбционного равновесия (с применением индексов «w») описывается формулой:

$$\begin{cases} \bar{\theta} = \begin{cases} 1/(1 + (-\alpha_w(\psi - \psi_{we}))^{n_w}), & \psi < \psi_{we}; \\ 1, & \psi \geq \psi_{we}; \end{cases} \\ \alpha_w = r_{0,w}/\beta = -1/(\psi_{0,w} - \psi_{we}), \quad n_w = 4/(\sigma_w\sqrt{2\pi}). \end{cases} \quad (3b)$$

В системах соотношений (3a) и (3b) ψ_{ae} - капиллярное давление, соответствующее давлению барботирования; ψ_{we} - капиллярное давление, соответствующее давлению входа воды в тупиковые поры.

Соотношения (3a) и (3b) положены в основу компьютерной программы «HYSTERESIS» [17]. Эта программа позволяет рассчитать параметры ОГХ, главные кривые иссушения и увлажнения, сканирующие кривые и поворотные точки петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы.

В ходе работы были использованы опытные данные о зависимости объемной влажности почвы от капиллярного давления почвенной влаги для песчаной почвы [13].

Параметры ОГХ					
$\Psi_{\min}$	-260,0000	☐	$\Psi_{\max}$	10,0000	☐
$\theta_{\min}$	0,0928	☒	$\theta_{\max}$	0,3550	☒
Ψ_{ae}	-3,4558	☒	Ψ_{we}	-1,1147	☒
$\Psi_{0,d}$	-112,1239	☒	$\Psi_{0,w}$	-42,2413	☒
N_d	4,3553	☒	N_w	2,4148	☒

Рис. 1

По точкам на главных кривых иссушения и увлажнения гистерезисной петли ОГХ песчаной почвы с использованием алгоритма Левенберга-Марквардта были идентифицированы параметры логнормальной модели. Затем значения этих параметров были заданы и зафиксированы в диалоговом окне программы «HYSTERESIS» [17] (рис. 1).

Далее по идентифицированным параметрам с использованием программы «HYSTERESIS» были выполнены расчеты значений объемной влажности почвы и построены главные кривые иссушения и увлажнения гистерезисной ОГХ (рис. 2). На рис. 2 сплошными кривыми изображены результаты расчета с использованием логнормальной модели (1 – главная кривая иссушения, 2 – главная кривая увлажнения), а пунктирными – с использованием аппроксимаций (3a) и (3b).

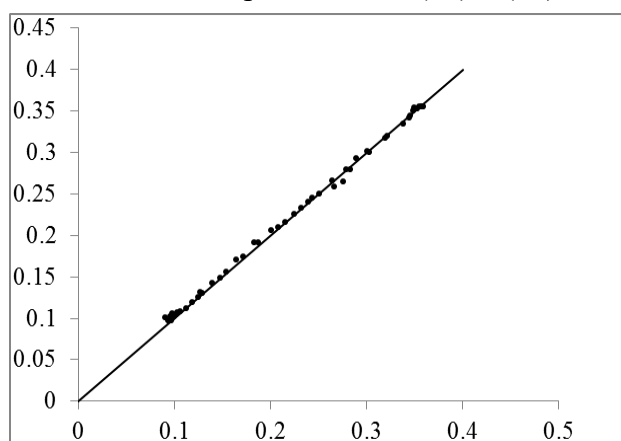


Рис. 3. Оценка точности аппроксимации

На рис. 3 по оси абсцисс отложены значения θ , вычисленные с применением логнормальной ОГХ, а по оси ординат – значения θ , рассчитанные с использованием аппроксимаций (3a) и (3b).

Выводы. Полученное по результатам вычислительного эксперимента достаточно высокое коэффициента корреляции доказывает оправданность использования данной аппроксимации при моделировании гистерезиса водоудерживающей способности песчаных почв. Кроме того, исследованная аппроксимация позволяет найти решение для сканирующих кривых в поворотных точках петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы. Исследованная модель и разработанная на ее основе программа имеет хорошие перспективы практического использования в гидрофизических расчетах [18-20], в инженерно-мелиоративном проектировании и при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур [21].

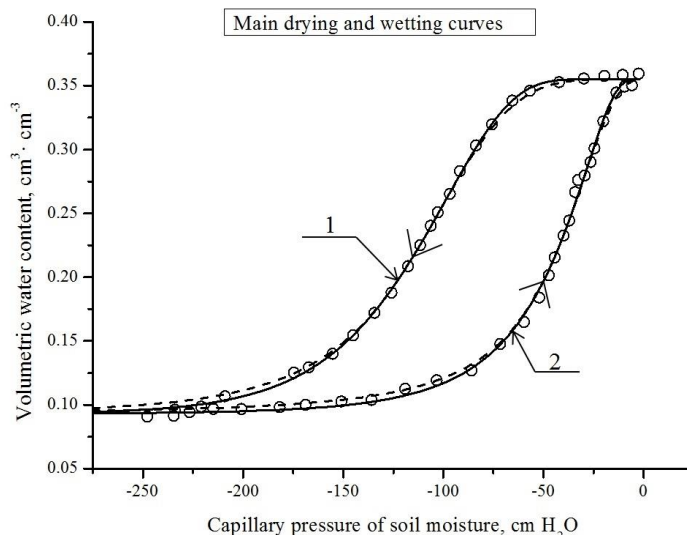


Рис. 8. Главные кривые иссушения и увлажнения гистерезисной ОГХ песчаной почвы

Далее средствами Microsoft Excel был рассчитан коэффициент прямолинейной корреляции между значениями θ на главных кривых иссушения и увлажнения гистерезисной ОГХ песчаной почвы, вычисленными с использованием логнормальной модели и ее аппроксимации: $R = 0,9995$. Соответствие результатов расчета, полученных с использованием исходной и упрощенной моделей гистерезиса водоудерживающей способности почвы, иллюстрирует рис. 3.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 356 с.
2. Бернштейн Г.А., Заславский Б.Г., Сариев А.Л., Терлеев В.В. Информационное обеспечение расчета динамики почвенной влаги // В сб. науч. тр. «Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири», Омск: ОмСХИ, 1988. С. 101-107.
3. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // Тез. докл. Всесоюз. школы-семинара «Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации». Фрунзе: ВНИИКАмелиорация, 1988. С. 82.
4. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
5. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонир. № RU94001487 19.01.1994.
6. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности и дифференциальной влагоемкости почвы // Метеорология и гидрология. 2002. Т. 11. С. 93-100.
7. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. 2003. Т. 11. С. 90-98.
8. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических характеристик // Метеорология и гидрология. 2005. Т. 12. С. 98-103.
9. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
10. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сб. «XL Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2011. С. 319-321.
11. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование главных ветвей иссушения и увлажнения петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2013. № 1 (9). С. 22-29.
12. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование водоудерживающей способности почвы на основе представлений о капиллярном гистерезисе и логнормальном распределении пор по размерам: теория // Агрофизика. 2014. № 1. С. 9-19.
13. Huang H.C., Tan Y.C., Liu C.W., Chen C.H. A novel hysteresis model in unsaturated soil // Hydrological Processes. 2005. V.19, pp. 1653-1665.
14. Терлеев В.В., Mirschel W., Баденко В.Л. и др. Физико-статистическая интерпретация параметров функции водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2012. №4(8). С. 1-8.
15. Winitzki S. 2008. A handy approximation for the error function and its inverse. (in <https://sites.google.com/site/winitzki/sergei-winitzkis-files/erf-approx.pdf?attredirects=0>).
16. Brutsaert W. A concise parameterization of the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Adv. in Water Resources. 2000. V. 23. P. 811-815.
17. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «HYSTERESIS» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб. «Материалы научной сессии по итогам 2012 года». СПб.: АФИ, 2013. С. 161-166.
18. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // Науч.-техн. бюлл. по агроном. физике. 1988. Т. 72. С. 33-36.
19. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. 2014. № 2 (14). С. 35-44.
20. Семенова Н.Н., Терлеев В.В., Сухорученко Г.И. и др. Об одном методе численного решения системы параболических уравнений // Вестник Санкт-Петербургского гос. ун-та. Сер. 1. Математика. 2016. Т. 3(61). Вып. 2. С. 230-240.
21. Badenko V., Terleev V., Topaj A. AGROTOOL software as an intellectual core of decision support systems in computer aided agriculture // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 635-637. pp. 1688-1691.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ОТСУТСТВИЯ «ЭФФЕКТА ПОМПЫ» В МОДЕЛИ ГИСТЕРЕЗИСА
ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Водоудерживающая способность почвы - одно из главных гидрофизических свойств почвы [1-4], данные о которых, в частности, применяются в расчетах динамики почвенной влаги [5-7] при проектировании инженерных почвенно-мелиоративных сооружений и при вычислении норм орошения. Для описания водоудерживающей способности почвы применяется зависимость объемной влажности почвы θ ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$) от капиллярного давления (капиллярно-сорбционного потенциала) влаги ψ ($\text{см H}_2\text{O}$). Эту зависимость принято называть основной гидрофизической характеристикой (ОГХ) почвы [8].

Рассматривая почву как капиллярно-пористое тело, предложена математическая модель гистерезиса водоудерживающей способности почвы, которая представлена в виде формул, последовательно описывающих главные, первичные, вторичные и т.д. ветви увлажнения и иссушения гистерезисной ОГХ [9-11].

Ветви иссушения, начинающиеся от поворотной точки, которые характеризуются значениями капиллярного давления влаги ψ_i и объемной влажности почвы θ_i , описываются системой соотношений [12]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = \theta_r + (\theta_s^* - \theta_r) / (1 + (-\alpha_d(\psi - \psi_{ae}))^{n_d}), \\ d\theta/d\psi = -(\theta_s^* - \theta_r)(n_d/4)/(\psi - \psi_{ae}) \exp(-\pi(n_d/4)^2 \ln^2(-\alpha_d(\psi - \psi_{ae}))), \\ \theta_s^* = \theta_s, \psi_{ae} < \psi_{we} \leq \psi_i, \psi < \psi_{ae}; \\ \theta_s^* = \theta_i, \psi_{ae} \leq \psi_i \leq \psi_{we}, \psi < \psi_{ae}; \\ \theta_s^* = \theta_i + (\theta_i - \theta_r)(-\alpha_d(\psi_i - \psi_{ae}))^{n_d}, \psi_i < \psi_{ae} \leq \psi_{we}, \psi \leq \psi_i; \\ \theta = \theta_s, \psi_{ae} < \psi_{we} \leq \psi_i, \psi_{ae} \leq \psi \leq \psi_i; \\ \theta = \theta_i, \psi_{ae} \leq \psi_i \leq \psi_{we}, \psi_{ae} \leq \psi \leq \psi_i, \\ d\theta/d\psi = 0. \end{array} \right. \quad (1)$$

Ветви увлажнения, которые начинаются от поворотной точки, характеризуемой значениями капиллярного давления влаги ψ_j и объемной влажности почвы θ_j , описываются следующей системой соотношений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / (1 + (-\alpha_w(\psi - \psi_{we}))^{n_w}), \\ d\theta/d\psi = -(\theta_s - \theta_r)(n_w/4)/(\psi - \psi_{we}) \exp(-\pi(n_w/4)^2 \ln^2(-\alpha_w(\psi - \psi_{we}))), \\ \theta_r^* = \theta_j = \theta_r, \psi_j < \psi_{ae}, \psi_j \leq \psi < \psi_{we}; \\ \theta_r^* = \theta_j - (\theta_s - \theta_j)(-\alpha_w(\psi_j - \psi_{we}))^{-n_w}, \psi_j < \psi_{ae}, \psi_j \leq \psi < \psi_{we}; \\ \theta = \theta_s, \psi_j < \psi_{ae}, \psi_{we} \leq \psi; \\ \theta = \theta_j = \theta_s, \psi_{ae} \leq \psi_j, \psi_j \leq \psi, \\ d\theta/d\psi = 0. \end{array} \right. \quad (2)$$

В соотношениях (1) и (2) используются следующие обозначения: ψ_{ae} — капиллярное давление влаги, которое соответствует т.н. «давлению входа воздуха» на ветвях иссушения

(см H₂O); ψ_{we} – капиллярное давление влаги, которое соответствует т.н. «давлению входа воды» на ветвях увлажнения при вытеснении воздуха, защемленного в тупиковых порах почвы (см H₂O); θ_s – объемная влажность полного насыщения почвы влагой (см³·см⁻³); θ_r – минимальное значение объемной доли содержания жидкой воды в почве (см³·см⁻³); параметры α_d (см H₂O⁻¹), α_w (см H₂O⁻¹), n_d , n_w могут быть оценены по формулам: $\alpha_d = \bar{r}_{0,d}/\beta$, $\alpha_w = \bar{r}_{0,w}/\beta$ ($\alpha_d \leq \alpha_w$), $n_d = 4/(\sigma_d \sqrt{2\pi})$, $n_w = 4/(\sigma_w \sqrt{2\pi})$ ($\beta = 0,149$ (см²) – размерная константа в законе Лапласа [13]; $\bar{r}_{0,d}$ и $\bar{r}_{0,w}$ – соответствующие иссушению и увлажнению значения эффективного радиуса поры, при котором случайная величина – натуральный логарифм эффективного радиуса поры – достигает наиболее вероятного значения; σ_d и σ_w – соответствующие иссушению и увлажнению значения стандартного отклонения случайной величины – натурального логарифма эффективного радиуса поры.

Цель исследования – доказательство отсутствия нежелательного «эффекта помпы» в модели гистерезиса водоудерживающей способности.

Для исследования использовалась компьютерная программа «HYSTERESIS» [14], позволяющая проводить вычислительные эксперименты с моделью гистерезисной ОГХ. Значения гидрофизических параметров, определяющих форму петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы, были получены путем интерполяции экспериментальных данных для песчаной почвы [15]. Для этого был применен оптимизирующий алгоритм Левенберга-Марквардта, реализованный в качестве опции программы «HYSTERESIS».

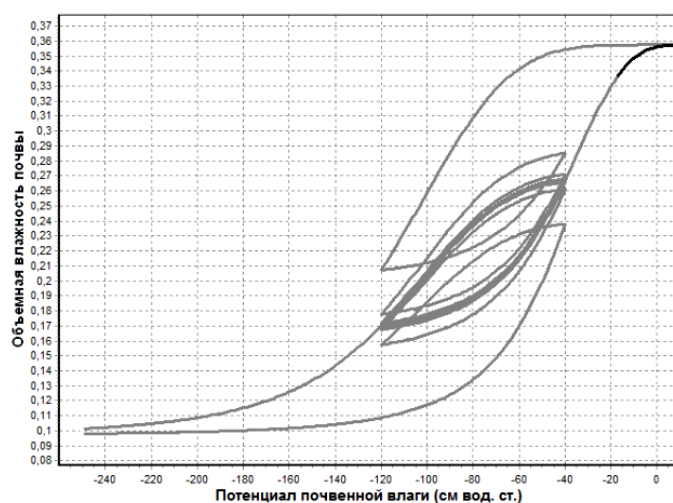


Рис. 1

Сценарий изменения значений капиллярного давления влаги был задан в специальном текстовом файле исходных данных (*.exd). По этому сценарию вычисление гистерезисной петли начиналось из состояния полного увлажнения; далее осуществлялось построение главной ветви иссушения до $\psi = -120$ (см H₂O); затем производилась осцилляция капиллярного давления влаги между значениями $\psi = -120$ (см H₂O) и $\psi = -40$ (см H₂O); после этого капиллярное давление влаги понижалось до состояния иссушения почвы ($\theta = \theta_r$); далее осуществлялось построение главной ветви увлажнения до $\psi = -40$ (см H₂O); затем производилась осцилляция капиллярного давления влаги между значениями $\psi = -40$ (см H₂O) и $\psi = -120$ (см H₂O); после этого капиллярное давление влаги повышалось до состояния влагонасыщения почвы ($\theta = \theta_s$).

В процессе осцилляции капиллярного давления влаги внутренние петли гистерезисной ОГХ, во-первых, не выходят за пределы главных ветвей иссушения и увлажнения, и во-вторых, асимптотически приближаются к предыдущим петлям (рис. 1). Из этого следует, что нежелательный «эффект помпы» в данной гистерезисной ОГХ не наблюдается.

Выводы. По данным о песчаной почве доказано отсутствие «эффекта помпы» в исследуемой гистерезисной ОГХ. Модель водоудерживающей способности почвы, положенная в основу программы «HYSTERESIS», физически адекватна и может быть применена на практике. Учет явления гистерезиса при оценивании параметров ОГХ вкупе с прецизионными расчетами гидравлической проводимости почвы [16, 17] позволит существенно повысить точность расчета норм поливов, что обеспечит значительную экономию водных ресурсов. Это свидетельствует об актуальности, а также - о хороших перспективах использования проанализированной модели в почвенно-мелиоративных расчетах, а также при прогнозировании продуктивности агроэкосистем [18, 19].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бернштейн Г.А., Заславский Б.Г., Сариев А.Л., Терлеев В.В. Информационное обеспечение расчета динамики почвенной влаги // В сб. науч. тр. «Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири», Омск: ОмСХИ, 1988. С. 101-107.
2. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // Тез. докл. Всесоюз. школы-семинара «Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации». Фрунзе: ВНИИКАмелиорация, 1988. С. 82.
3. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонир. № RU94001487 19.01.1994.
4. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
5. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности и дифференциальной влагоемкости почвы // Метеорология и гидрология. 2002. Т. 11. С. 93-100.
6. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. 2003. Т. 11. С. 90-98.
7. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических характеристик // Метеорология и гидрология. 2005. Т. 12. С. 98-103.
8. Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 356 с.
9. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сб. «XL Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2011. С. 319-321.
10. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
11. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование главных ветвей иссушения и увлажнения петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2013. № 1 (9). С. 22-29.
12. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование водоудерживающей способности почвы на основе представлений о капиллярном гистерезисе и логнормальном распределении пор по размерам: теория // Агрофизика. 2014. № 1. С. 9-19.
13. Brutsaert W. A concise parameterization of the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Adv. in Water Resources. 2000. V. 23. P. 811-815.
14. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «HYSTERESIS» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб. «Материалы научной сессии по итогам 2012 года». СПб.: АФИ, 2013. С. 161-166.
15. Huang H.C., Tan Y.C., Liu C.W., Chen C.H. A novel hysteresis model in unsaturated soil // Hydrological Processes. 2005. V. 19. pp. 1653-1665.
16. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // Науч.-техн. бюлл. по агроном. физике. 1988. Т. 72. С. 33-36.

17. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. 2014. № 2 (14). С. 35-44.
18. Семенова Н.Н., Терлеев В.В., Сухорученко Г.И., Орлова Е.Е., Орлова Н.Е. Об одном методе численного решения системы параболических уравнений // Вестник Санкт-Петербургского гос. ун-та. Сер. 1. Математика. 2016. Т. 3(61). Вып. 2. С. 230-240.
19. Badenko V., Terleev V., Topaj A. AGROTOOL software as an intellectual core of decision support systems in computer aided agriculture // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 635-637. pp. 1688-1691.

УДК 631.43

Р.С. Гиневский, В.А. Лазарев, Д.Д. Онучина, Э.Р. Хамзин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПО ДАННЫМ О ГЛАВНЫХ И СКАНИРУЮЩИХ ВЕТВЯХ ГИСТЕРЕЗИСА ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Владение знаниями о характеристиках почвы необходимо в мелиоративном строительстве и землеустройстве. Данные о гидрофизических свойствах почвы [1-4] применяются при проектировании и эксплуатации гидротехнических сооружений и объектов подземного строительства, а также в расчетах динамики почвенной влаги [5-7] и при вычислении норм орошения. Одним из таких свойств является водоудерживающая способность почвы. Для описания этого свойства используется показатель, который называется основной гидрофизической характеристикой (ОГХ) почвы [8]. ОГХ формулируется в виде зависимости объемной влажности почвы θ ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$) от капиллярного давления (капиллярно-сорбционного потенциала) влаги ψ ($\text{см H}_2\text{O}$). При математическом моделировании водоудерживающей способности почвы существует проблема физического обоснования и учета явления гистерезиса [9-11]. Авторами была исследована математическая модель, разработанная для описания десорбционных и сорбционных ветвей гистерезисной ОГХ [12]. Для исследования была использована компьютерная программа «HYSTERESIS» [13], разработанная на основе данной модели.

Цель исследования – оценка точности расчета водоудерживающей способности почвы в программе «HYSTERESIS». Для достижения цели была поставлена задача идентификации гидрофизических параметров модели с использованием данных о главных и сканирующих ветвях иссушения и увлажнения гистерезисной петли с последующим сравнением вычисленных значений объемной влажности почвы с данными прямых измерений.

Рис. 1

В ходе работы были использованы опытные данные о зависимости объемной влажности песчаной почвы от капиллярно-сорбционного потенциала почвенной влаги [14]. Программа обработала эти данные с помощью вычислительного (оптимизирующего) алгоритма Левенберга-Марквардта, который позволил идентифицировать (настроить) гидрофизические параметры исследуемой почвы (рис. 1). Ввиду физических ограничений, принятых в математической модели, значение давления барботирования на кривой иссушения водоудерживающей способности почвы ψ_{ae} было задано равным нулю.

Изображенная на рис. 2 гистерезисная петля образована главной ветвью иссушения, начальным отрезком главной ветви увлажнения, первичной ветвью иссушения, вторичной ветвью увлажнения, третичной ветвью иссушения, конечным отрезком главной ветви увлажнения.

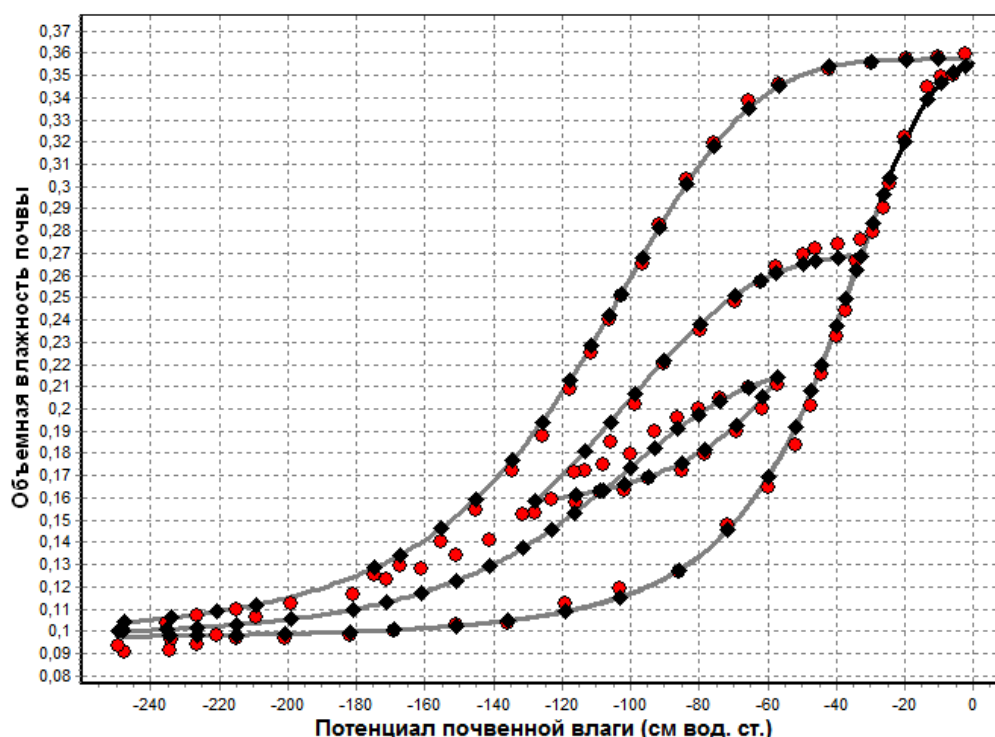


Рис. 2

На рис. 2 черными точками, соединенными сплошной кривой, изображена петля гистерезиса водоудерживающей способности почвы, построенная с использованием исследуемой модели, параметры которой идентифицированы по опытным данным; красными точками отмечены результаты прямых измерений ОГХ песчаной почвы.

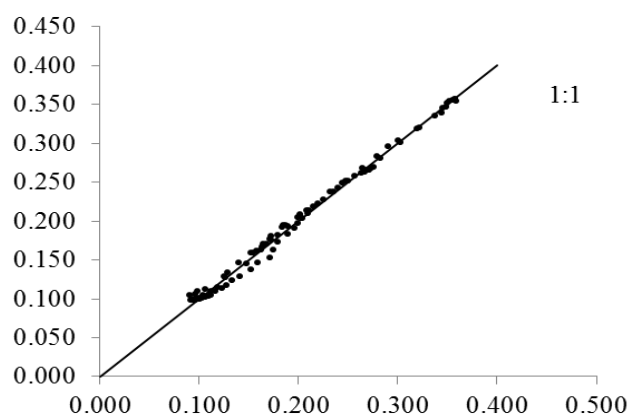


Рис. 9 Сравнение результатов расчета значений объемной влажности почвы с опытными данными

По координатам точек (абсциссы – измеренные значения θ , ординаты – вычисленные значения θ) средствами Microsoft Excel был рассчитан коэффициент прямолинейной корреляции $R = 0,997$. Полученное значение свидетельствует о высокой степени физической адекватности исследуемой модели гистерезиса водоудерживающей способности почвы. Сходимость опытных и расчетных значений иллюстрирует рис. 3, на котором по оси абсцисс отложены данные прямых измерений, а по оси ординат – результаты вычислительного эксперимента.

Выводы. Проведенный вычислительный эксперимент показал, что рассмотренная математическая модель достаточно адекватно описывает гистерезис водоудерживающей способности на примере песчаной почвы, а разработанное на основе этой модели программное обеспечение может быть рекомендовано к практическому применению в гидрофизических и мелиоративных расчетах. Применение физически адекватной математической модели гистерезиса водоудерживающей способности почвы позволяет с достаточно высокой точностью оценить параметры ОГХ. Использование этих оценок вкупе с результатами прецизионных расчетов гидравлической проводимости почвы [15, 16] позволит с высокой точностью прогнозировать динамику влаги в почво-грунтах, что весьма актуально при проектировании подземных сооружений, обосновании гидромелиоративных мероприятий, а также при прогнозировании урожаев сельскохозяйственных культур [17].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бернштейн Г.А., Заславский Б.Г., Сариев А.Л., Терлеев В.В. Информационное обеспечение расчета динамики почвенной влаги // В сб. науч. тр. «Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири», Омск: ОмСХИ, 1988. С. 101-107.
2. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // Тез. докл. Всесоюз. школы-семинара «Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации». Фрунзе: ВНИИКАмелиорация, 1988. С. 82.
3. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонир. № RU94001487 19.01.1994.
4. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
5. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности и дифференциальной влагоемкости почвы // Метеорология и гидрология. 2002. Т. 11. С. 93-100.
6. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. 2003. Т. 11. С. 90-98.
7. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических характеристик // Метеорология и гидрология. 2005. Т. 12. С. 98-103.
8. Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 356 с.
9. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сб. «XL Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2011. С. 319-321.
10. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
11. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование главных ветвей иссушения и увлажнения петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2013. № 1 (9). С. 22-29.
12. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование водоудерживающей способности почвы на основе представлений о капиллярном гистерезисе и логнормальном распределении пор по размерам: теория // Агрофизика. 2014. № 1. С. 9-19.
13. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «HYSTERESIS» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб. «Материалы научной сессии по итогам 2012 года». СПб.: АФИ, 2013. С. 161-166.
14. Huang H.C., Tan Y.C., Liu C.W., Chen C.H. A novel hysteresis model in unsaturated soil // Hydrological Processes. 2005. V. 19. pp. 1653-1665.
15. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // Науч.-техн. бюлл. по агроном. физике. 1988. Т. 72. С. 33-36.
16. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. 2014. № 2 (14). С. 35-44.
17. Badenko V., Terleev V., Topaj A. AGROTOOL software as an intellectual core of decision support systems in computer aided agriculture // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 635-637. pp. 1688-1691.

ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СКАНИРУЮЩИХ ВЕТВЕЙ ПО ДАННЫМ О ГЛАВНЫХ ВЕТВЯХ ГИСТЕРЕЗИСА ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Для проектирования мелиоративных сооружений и обустройства систем орошения, а также вычисления норм поливов применяются данные о гидрофизических свойствах почвы [1, 2]. К числу данных свойств относится водоудерживающая способность, описываемая основной гидрофизической характеристикой (ОГХ) почвы. Эта характеристика выражается через зависимость объемной влажности почвы θ ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$) от капиллярного давления (капиллярно-сорбционного потенциала) влаги ψ ($\text{см H}_2\text{O}$) [3-6]. Для моделей водоудерживающей способности почвы существует проблема учета явления гистерезиса при физическом обосновании и математическом формулировании ОГХ [7-9]. Авторами была рассмотрена математическая модель, предназначенная для описания десорбционных и сорбционных ветвей гистерезисной ОГХ [10]. Для проведения вычислительного эксперимента по верификации этой модели была использована компьютерная программа «HYSTERESIS» [11].

Цель исследования – оценка точности прогнозных расчетов (экстраполяции) для сканирующих (первичной десорбционной и вторичной сорбционной ветвей) гистерезисной петли ОГХ.

В ходе работы были использованы опытные данные о зависимости объемной влажности почвы от капиллярно-сорбционного потенциала почвенной влаги для песчаной почвы [12]. Для идентификации модели использованы экспериментальные точки на главных (десорбционной и сорбционной) ветвях гистерезисной петли ОГХ. С использованием программы «HYSTERESIS» проведен вычислительный эксперимент.

Рис. 1

С использованием параметров (идентифицированных по данным о главных ветвях гистерезисной ОГХ) выполнены прогнозные расчеты значений θ для первичной десорбционной ветви и вторичной сорбционной ветви петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы (данные о которых не использовались при идентификации параметров).

На рис. 2 черными точками, соединенными непрерывной кривой, изображены главные ветви, а также - первичная десорбционная и вторичная сорбционная ветви петли гистерезиса водо-удерживающей способности почвы: по оси абсцисс отложены значения капиллярно-

В рамках этого эксперимента применен оптимизирующий алгоритм Левенберга-Марквардта, с помощью которого идентифицированы параметры гистерезисной ОГХ для исследуемой почвы. Значения этих параметров приведены в диалоговом окне программы «HYSTERESIS» (рис. 1). В параметрах программы значение давления барботирования ψ_{ae} на кривых иссушения водоудерживающей способности почвы было обнулено, поскольку эта величина (исходя из физических представлений) не может быть положительной, а соответствующие экспериментальные данные отсутствуют.

сорбционного потенциала почвенной влаги ψ , а по оси ординат – значения объемной влажности почвы θ . Красными точками отмечены опытные данные об ОГХ песчаной почвы [12]. По теоретическим (прогнозным) и практическим (измеренным) значениям θ для первичной десорбционной и вторичной сорбционной ветвей гистерезисной петли ОГХ средствами Microsoft Excel были рассчитаны коэффициенты прямолинейной корреляции $R = 0,995$. Значение этого коэффициента свидетельствует о высокой прогностической (экстраполирующей) точности исследуемой математической модели гистерезиса водоудерживающей способности для песчаных почв.

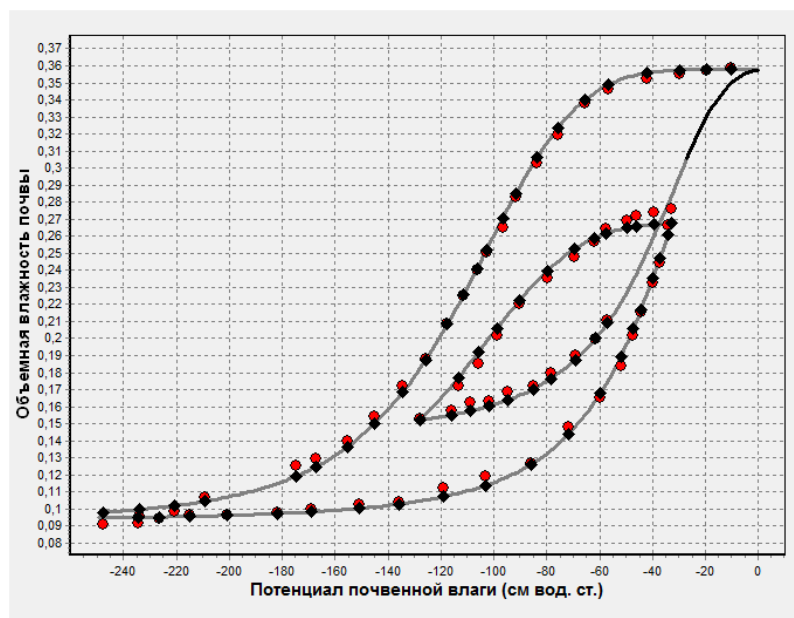


Рис. 2

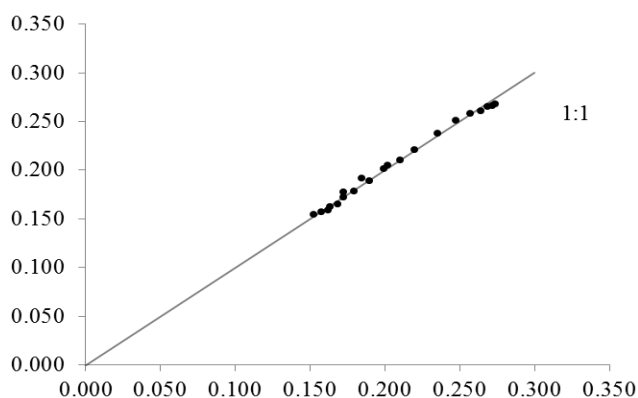


Рис. 10

Достаточно высокую степень соответствия результатов моделирования и данных измерения гистерезисной ОГХ иллюстрирует график (рис. 3) сопоставления прогнозных (вычисленных) значений объемной влажности почвы с опытными данными. На рис. 3 по оси абсцисс отложены экспериментальные значения θ , а по оси ординат – результаты прогнозирования (расчета) значений θ для первичной десорбционной и вторичной сорбционной ветвей гистерезисной петли ОГХ.

Выводы. Полученное по результатам вычислительного эксперимента (верификации математической модели) значение коэффициента корреляции позволяет утверждать, что исследованная математическая модель физически адекватна описываемому явлению гистерезиса водоудерживающей способности почвы, а программа «HYSTERESIS», разработанная на основе этой модели, позволяет осуществлять прогнозные (экстраполирующие) гидрофизические расчеты для песчаных почв с достаточно высокой точностью. Исследованная модель вкпе с моделью гидравлической проводимости почвы [13] может успешно применяться в гидрофизических и мелиоративных расчетах [14, 15], а также в прогнозных вычислениях продуктивности агроэкосистем [16].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // Тез. докл. Всесоюз. школы-семинара «Автоматизация научных исследований и проектирования АСУ ТП в мелиорации». Фрунзе: ВНИИКАмелиорация, 1988. С. 82.
2. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // Науч.-техн. бюлл. по агроном. физике. 1988. Т. 72. С. 33-36.
3. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонир. № RU94001487 19.01.1994.
4. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности и дифференциальной влагоемкости почвы // Метеорология и гидрология. 2002. Т. 11. С. 93-100.
5. Полуэктов Р.А., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических характеристик // Метеорология и гидрология. 2005. Т. 12. С. 98-103.
6. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. «XXXVII Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2008. С. 277-279.
7. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сб. «XL Неделя науки СПбГПУ». СПб.: СПбГПУ, 2011. С. 319-321.
8. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». СПб.: АФИ, 2012. С. 497-501.
9. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование главных ветвей иссушения и увлажнения петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2013. № 1 (9). С. 22-29.
10. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Миршель В., Гурин П.Д. Моделирование водоудерживающей способности почвы на основе представлений о капиллярном гистерезисе и логнормальном распределении пор по размерам: теория // Агрофизика. 2014. № 1. С. 9-19.
11. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д. Программа «HYSTERESIS» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб. «Материалы научной сессии по итогам 2012 года». СПб.: АФИ, 2013. С. 161-166.
12. Huang H.C., Tan Y.C., Liu C.W., Chen C.H. A novel hysteresis model in unsaturated soil // Hydrological Processes. 2005. V. 19. pp. 1653-1665.
13. Терлеев В.В., Нарбут М.А., Топаж А.Г., Миршель В. Моделирование гидрофизических свойств почвы как капиллярно-пористого тела и усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена: теория // Агрофизика. 2014. № 2 (14). С. 35-44.
14. Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // Метеорология и гидрология. 2003. Т. 11. С. 90-98.
15. Семенова Н.Н., Терлеев В.В., Сухорученко Г.И., Орлова Е.Е., Орлова Н.Е. Об одном методе численного решения системы параболических уравнений // Вестник Санкт-Петербургского гос. ун-та. Сер. 1. Математика. 2016. Т. 3(61). Вып. 2. С. 230-240.
16. Badenko V., Terleev V., Topaj A. AGROTOOL software as an intellectual core of decision support systems in computer aided agriculture // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 635-637. pp. 1688-1691.

УДК 624.135: 624.137.5: 711

К.Н. Криулин, И.И. Логинова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ПРИ БОЛЬШИХ УКЛОНАХ ТЕРРИТОРИЙ В ЛАНДШАФТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Организация рельефа территории является одной из первостепенных задач застройки. Данное мероприятие создает благоприятные условия не только для комфортного передвижения человека по проектируемой территории, но также помогает обеспечить грамотное отведение поверхностного стока воды. В ряде случаев организация рельефа может

позволить улучшить и эстетичный вид участка. В строительстве не существует определенной модели рельефа участка. Конечный результат и объем земляных работ напрямую зависит от естественного рельефа территории, желания заказчика и фантазии инженера [1, 2].

Целью данной работы является изучение потенциальных решений по вертикальному планированию участков с уклонами больше 60 %, а также их анализ и сравнение между собой. В качестве примера принимается прямоугольная территория размерами 45×30 м, залегающий грунт - песок.

Для комфортной эксплуатации участков установлены требования по критическим уклонам. Так, для газона, пешеходных дорожек минимальный продольный уклон должен составлять 4-5 %, а максимальный не превышать 40-60 % [3]. Из практики строительства рекомендуемое значение уклона является 10-20 %.

Разнообразие рельефа зачастую требует террасирование участка - искусственную коррекцию рельефа для комфортной эксплуатации участка, наиболее эффективного использования земель. Сам процесс представляет собой формирование горизонтальных уступов, которые называются террасами. Особенностью организации рельефа таких территорий является необходимость проектирования дополнительных конструкций, укрепляющих рельеф участка и помогающих создать его комфортную эксплуатацию. При этом изначально осуществляется террасирование существующего склона на небольшие участки. Эти уступы укрепляются откосами или подпорными стенками. Стенки могут быть различными по типу и высоте.

Одним из самых распространенных способов создания искусственной наклонной поверхности, расположенной между горизонтальными участками территории, является проектирование откосов [4]. Откосы могут быть устроены как путем выемки грунта, так и путем насыпи. Такой способ террасирования участков является наиболее простым и дешевым. Однако стоит заметить, что при таком выборе организации рельефа наблюдается достаточно высокая потеря полезной площади.

Максимальная крутизна естественных откосов, которые позволяют удерживать грунт в достаточно стабильном состоянии, составляет: травяной покров 1:3; песок 1:2; супесь 1:1,7; суглинок 1:1,2; глина 1:0,6.

При большем угле наклона необходимо укрепление откоса для предотвращения поверхностной эрозии грунта, возникающей под воздействием осадков и ветра, и повышения его устойчивости.

Укрепление откоса может выполняться несколькими способами.

- Посев трав или посадка кустарников - растения своими корнями способны удерживать слой лежащего грунта. При необходимости получения быстрого эффекта возможно использование одерновки.
- Геополотно - является своеобразной арматурой для корневой системы произрастающих растений. Для удобства рулоны геосинтетика раскатываются от бровки к подошве откоса, засыпаются грунтом, который впоследствии препятствует проникновению поверхностных вод под укрепительную конструкцию откоса. Между отдельными полотнами материала обязательно обеспечивается нахлест, укрепляемый при помощи штырей или скоб.
- Георешетки – изготавливаются из прочных полимерных материалов. Ячейки георешеток заполняются гравием, щебнем, песком, грунтом или любым другим сыпучим материалом, который заклиниваясь, препятствует смещению всей насыпи. Кроме того, данный способ армирования предотвращает вынос частичек грунта водой и ветром. Все это обуславливает устойчивость откоса к деформации и разрушению.

Еще одним очень актуальным в наше время способом создания искусственного рельефа является проектирование подпорных стенок на территории участка. Данное решение, помимо укрепления крутого склона и сдерживания подвижек грунта, обладает высокими

декоративными, архитектурно-планировочными достоинствами, которые незаменимы при создании интересных ландшафтных композиций. Различие подпорных стенок от откосов заключается в том, что они создают четкое разделение по высоте разных уровней грунта, в то время как откосы имеют мягкие и плавные переходы.

В наше время наиболее распространены подпорные стены из габионов. Они представляют собой металлическую оцинкованную сетку двойного кручения, заполненную натуральным камнем различной фракции и формы. Помимо прямой своей функции закрепления грунта они обладают дренирующими свойствами, экологичны и решают множество дизайнерских задач. Габионы дают возможность выстраивать стены высотой до нескольких десятков метров, несмотря на достаточно небольшие габариты самих конструкций в сложенном виде.

Габионы поставляются в сложенном виде, занимают мало места, что позволяет значительно сократить транспортные расходы. Так как разгрузка, сборка и возведение конструкции выполняются вручную, их монтаж возможен даже там, где нет подъездов для спецтехники. Применение габионных конструкций при возведении подпорных стен является наиболее экономичным, долговечным и эффективным.

Также часто применяются бетонные подпорные стенки. Они могут заливаться в опалубке прямо на месте их возведения, или же быть изготовленными в виде отдельных звеньев на заводах железобетонных изделий. Подпорная стенка из бетона высотой более 30 см имеет фундамент. В отличие от габионов бетонная подпорная стенка не обладает дренирующими свойствами, поэтому, независимо от материала, высоты и формы стены, для предупреждения застойного переувлажнения почвы вдоль внутренней стороны стенки во всех случаях необходима организация дренажа и водоотвода [5].

На рис. 1 представлены схемы террасирования участка в зависимости от применяемой подпорной конструкции.

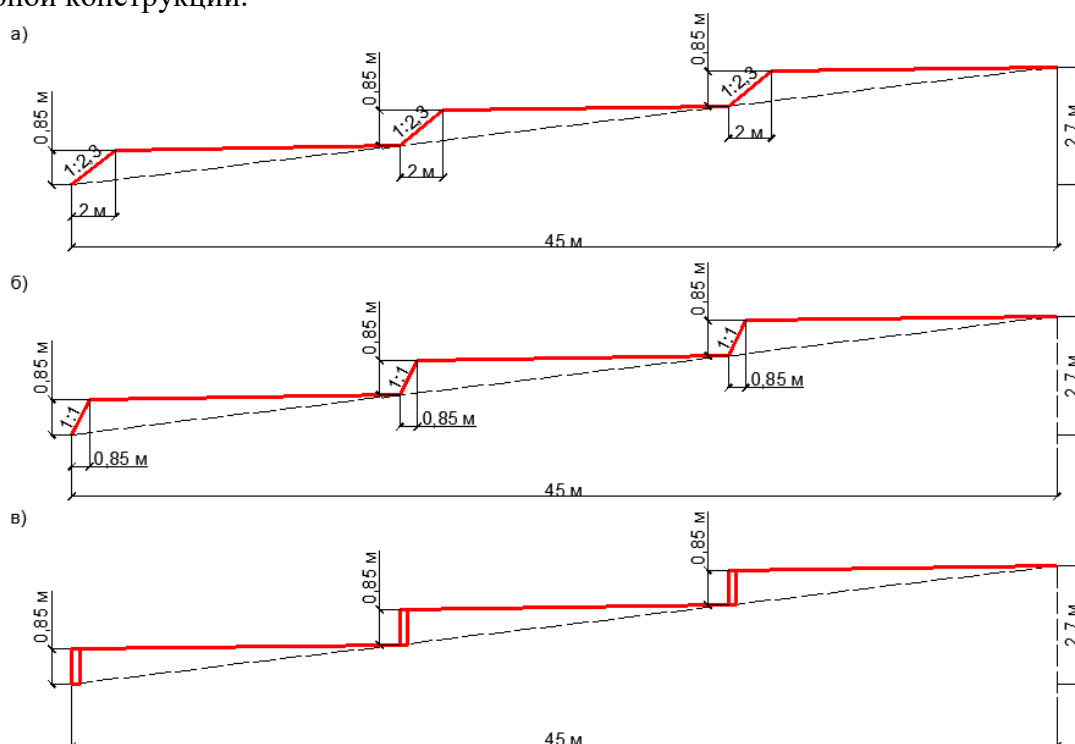


Рис. 1. Схема террасирования участка: а – при использовании естественных откосов; б – при использовании укрепленных откосов; в – при использовании подпорных стенок

По результатам проведенного анализа можно сделать выводы:

- При проектировании естественных откосов из песка крутизной 1:2,3 полезная площадь участка уменьшается на 10%. Принятое решение является финансово экономичным из-за минимального использования дополнительного материала, но невыгодным из-за потери полезной площади рассматриваемой территории.
- Укрепление естественных откосов позволяет сократить потерю полезной площади до 6%, однако, финансовые затраты увеличатся из-за применения армирующего материала (геосинтетиков).
- Применение подпорных стенок позволяет сократить потерю полезной площади до 0%, но возведение выбранной конструкции является наиболее дорогостоящим из всех представленных вариантов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Криулин К.Н. О зависимости схемы организации рельефа индивидуального участка коттеджного строительства от величины и направления уклона территории // Международное научно-периодическое издание «Новая наука: опыт, традиции, инновации» по итогам Международной НПК. Ч.2. Стерлитамак: АМИ, 2016. С. 112-114.
2. Криулин К.Н., Логинова И.И. Коттеджное строительство: о последствиях строительства коттеджа без проекта организации рельефа участка // Международное научно-периодическое издание «Новая наука: стратегия и вектор развития» по итогам Международной НПК. Стерлитамак: АМИ, 2016. С. 111-114.
3. Криулин К.Н. Организация рельефа и дождевая канализация коттеджного поселка. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 92 с.
4. Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.С. Теодоронский, Е.Д. Сабо, В.А. Фролова. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 352 с.
5. Криулин К.Н. Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве. СПб.: НП-Принт, 2014. 122 с.

УДК 504.062

А.С. Абакаров, К.В. Зотов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Рациональное использование и охрана запасов пресных вод является актуальной проблемой в региональном, государственном и мировом масштабе. Водная оболочка – гидросфера - занимает 70% территории Земли. 94% водных запасов приходится на моря и океаны и всего лишь 6% на пресные воды [1], из которых большая часть труднодоступна. Рассмотрим состав запасов воды на земле (табл. 1).

Таблица 1

Состав запасов воды на Земле, %

Виды запасов пресной воды	%, от общего количества	Примечание
Моря и океаны	94,0	Основная масса воды гидросферы
Подземные воды	3,6	Занимают второе место по объему водных масс
Лед и снег	2,0	Арктические и антарктические области, горные ледники
Поверхностные воды суши	0,4	Реки, озера, болота, атмосферные воды
Всего	100	

На рис. 1 представлен состав пресной воды на планете.

Серьезную опасность качеству и количеству доступных пресных вод на урбанизированных территориях представляет сброс промышленных и бытовых сточных вод.

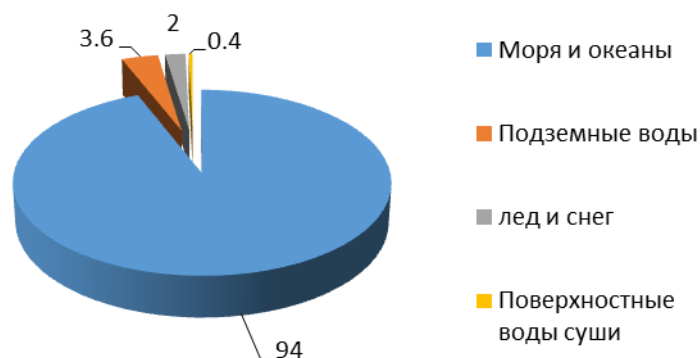


Рис. 1. Состав запасов воды на Земле, %

Количество сбросных сточных вод в 10 раз превышает запасы речного стока. Такая тенденция наблюдается и по всему миру, промышленные предприятия всех стран ежегодно сбрасывают в реки и моря $1,5 \text{ км}^3$ сточных вод. После очистки данные сбросные воды все равно не пригодны для возврата в биосферу, т.к. для них требуется 5-10 кратное разбавление.

Очевидно, что уже сейчас запаса ежегодного мирового речного стока не хватает для

разбавления сбросных вод промышленности и жилищно-коммунального хозяйства; нарушается один из глобальных биогеохимических круговоротов - круговорот воды, и сама пресная вода перестает быть возобновляемым ресурсом. Поэтому на современном этапе становится особенно актуальным совершенствование методов рационального использования водных ресурсов и поддержания качества запасов воды.

Цели и задачи работы – изучение и проведение анализа существующих методов рационального использования водных ресурсов для совершенствования мероприятий поддержания запасов качественной пресной воды.

Рациональное использование водных ресурсов - это не только поиск решений для наиболее эффективного управления качеством воды, но организация мониторинга состояния запасов воды.

Показатель рационального использования водных ресурсов (РИВР) можно вычислить по формулам:

- 1) показатель РИВР = объем водоотведения / объем полученной свежей воды;
- 2) показатель РИВР = валовое водопотребление / объем потребления свежей воды;
- 3) показатель РИВР = предприятия, прекратившие сброс сточных вод / общее количество предприятий.

Немаловажным аспектом является значение уменьшения абсолютного объема водопотребления за счет сокращения невозвратных потерь при кратном разбавлении и следование инструкциям правильного водопотребления. Рациональное использование водных ресурсов - это комплекс задач по сохранению и охране запасов воды, методом решением которых является, в первую очередь, системный подход.

Методы рационального использования водных ресурсов подразделяются на два основных кластера.

1. Мероприятия по увеличению и экономии располагаемых водных ресурсов.
2. Мероприятия по управлению качеством водных ресурсов.

Для осуществления мероприятий кластера 1 необходимо участие непосредственно не только водопользователей и водопотребителей, но, в первую очередь, государственно-социально-муниципальных структур. Задачей курируемых и надзорных органов в данном случае является организация конкретных мероприятий для обеспечения ресурсосбережения пресного водного бассейна. Данными мероприятия могут быть прогнозируемые и осуществляться в виде конкретных действий по увеличению и экономии водных ресурсов.

Для осуществления мероприятий по кластеру 2 необходимо участие, в первую очередь, водопотребителей, предприятий отраслей осуществляющих сбросы сточных вод в речной сток. Традиционно, для обеспечения качества возврата водных запасов, предприятиями применяется очистка сточных вод.

Основные способы очистки сточных вод это:

- механические – применяются, главным образом, для удаления из отстаиваемой жидкости твердых и коллоидных частиц органического или минерального происхождения;
- биологические (биохимические) - в основе этих методов положены обменные процессы микроорганизмов (размножаясь, данные микроорганизмы ферментативно перерабатывают органические соединения до простых углекислого газа и воды);
- физико-химические - основаны на физических и химических процессах, таких как электрокоагуляция, электрофлотация, ионный обмен и кристаллизация.

Наряду с традиционными методами очистки сточных вод (на предприятиях подотраслей) для обеспечения более эффективных результатов по управлению качеством водных ресурсов в последнее время стоит задача совершенствования традиционных способов и внедрение новых в очистке сточных и промышленных вод [2].

Таковыми способами могут быть безотходные технологии, а также - технологии с полной очисткой оборотной воды, включая и самоочистку.

Среди основных организационно-технических мероприятий, которые способствуют предотвращению истощения водных ресурсов и улучшению качества поверхностных и подземных вод, необходимо отметить следующие:

- разработка и внедрение технологий с использованием воды по замкнутому циклу (это обеспечивает комплексную переработку сырья, замену многостадийных процессов одностадийными, извлечение ценных веществ из сточных вод);
- оборотное водоснабжение - в результате чего резко сокращается расход свежей воды (большинство современных промышленных предприятий уже перешло на новую систему водоснабжения);
- замена водяного охлаждения в водяных и насосных сооружениях на воздушное - в результате можно значительно уменьшить расход закачиваемой воды (если перейти от водяного охлаждения технологического оборудования к воздушному);
- внедрение гибких тарифов на водопотребление и сброс сточных вод, способствующих проведению водоохранных мероприятий.

Выводы. При проектировании и вводе в эксплуатацию промышленных объектов необходимо изначально учитывать технологические приемы, обеспечивающие максимальный подход к рациональному потреблению воды. Не всегда традиционные способы по очистке воды дают такой результат. Для обеспечения полного контроля и учета количества и качества забираемых и отводимых вод [3], наряду с традиционными методами очистки сточных вод (на предприятиях подотраслей), для обеспечения более эффективных результатов по управлению качеством водных ресурсов необходимо разрабатывать и внедрять безотходные технологии, в том числе - с полной очисткой оборотной воды [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Основы экологии и экономика природопользования: Учеб. / О.С. Шимова, Н.К. Соколовский. 2-е изд., перераб. и доп. Мн.: БГЭУ, 2002. 367 с.
2. Авакян А.Б., Широков В.М. Рациональное использование водных ресурсов. Екатеринбург: «Виктор», 1994. 320 с.
3. Черкинский С.Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. М.: Стройиздат, 1977. 224 с.
4. Абрамов Н.Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды. М.: Стройиздат, 1972.

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ
С ПОМОЩЬЮ ФОТО-ВИДЕОАЭРОСЪЕМКИ

Аэросъемка - это фото или видео съемка поверхности земли, объектов и сооружений с высоты от сотен метров до десятков километров с помощью аппаратуры для фото-видеокамер, которые устанавливаются на атмосферном летательном аппарате. С появлением и быстрым широким распространением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и технической возможности дистанционного радиоуправления, а также автопилотирования возможности аэросъемки значительно выросли и получили широкую доступность. Она превратилась из дорогостоящего уникального инструмента дистанционного зондирования в удобный, скоростной, простой в использовании, чрезвычайно дешевый (по сравнению с традиционными методами) способ получения информации о территории и объектах на ней. Воздушная съемка территории наряду с множеством достоинств обладает высокой гибкостью и интерактивностью при проведении работ в режиме реального времени. По критерию «цена-качество» БПЛА значительно превосходят традиционно применяемые в настоящее время съемки с самолетов, вертолетов и других летательных аппаратов [1]. К недостаткам БПЛА следует отнести относительно невысокий ресурс по времени полета и расстояния.

Цель работы - фотограмметрическое обследование территории с помощью фото-видеоаэросъемки.

В работе был использован беспилотный управляемый летательный аппарат - квадрокоптер Phantom 2, производитель DJI [2, 3].

Привязка снимков к пространственным координатам осуществляется с помощью ориентации на объекты, имеющие известные координаты, например, геодезические пункты или иные объекты.

При проведении аэросъемки, необходимо выполнение условия перекрытия (частичного наложения) соседних снимков, т.е. часть территории, снятой на одном снимке, должна быть изображена на последующем. В случае снимков, выполненных последовательно (один за другим) по траектории движения летательного аппарата, говорят о продольном перекрытии. При съемке больших площадей необходимо выполнить ряд параллельных маршрутов. В этом случае (наряду с продольным перекрытием) должно выполняться и поперечное перекрытие, т.е. наложение снимков, сделанных на соседних параллельных маршрутах.

При проведении воздушной съемки должны быть определены требования к перекрытию в зависимости от целей съемки и требований к качеству. В ходе подготовки к проведению съемки необходимо определиться с высотой полета, фокусным расстоянием объектива камеры, прокладываемым маршрутом.

Выполнение работ по проведению фото-видеоаэросъемки с целью получения исходных данных о территории или конкретном объекте, как правило, включает в себя следующие основные этапы:

- 1) планирование летно-съемочных работ;
- 2) выполнение летно-съемочных работ;
- 3) предварительная обработка результатов аэрофотосъемки;
- 4) создание координатно привязанной фотосхемы исследуемой территории;
- 5) оценка ее точности.

Работа по обследованию озелененной городской территории выполнена на примере безымянного сквера между Гражданским проспектом, улицей Верности и улицей Бутлерова. В период весеннего снеготаяния сквер затапливался талыми водами по причине отсутствия поверхностного и подземного стока с территории. Это обстоятельство отрицательно сказывалось на состоянии древесно-кустарниковой растительности, состоянии почвы и травяного состава.

На рис. 1 представлен вид затопления сквера после снеготаяния.



Рис. 1. Вид затопления сквера после снеготаяния

Материалы аэросъемки обрабатывали методом фотограмметрии [2-5].

Фотограмметрия - научная и практическая область анализа и обработки изображения, которая занимается определением формы, размеров, ориентации, положения и иных характеристик объектов по их фотоизображениям. Фотограмметрия применяется, в основном, при создании по снимкам карт и планов Земли - фототопография, а также в решении прикладных задач в минералогии, архитектуре, строительстве, медицине, почвоведении, археологии и т.д. - прикладная, наземная фотограмметрия.

В ходе автоматической обработки снимков была сгенерирована триангуляционная сетка (рис. 2).

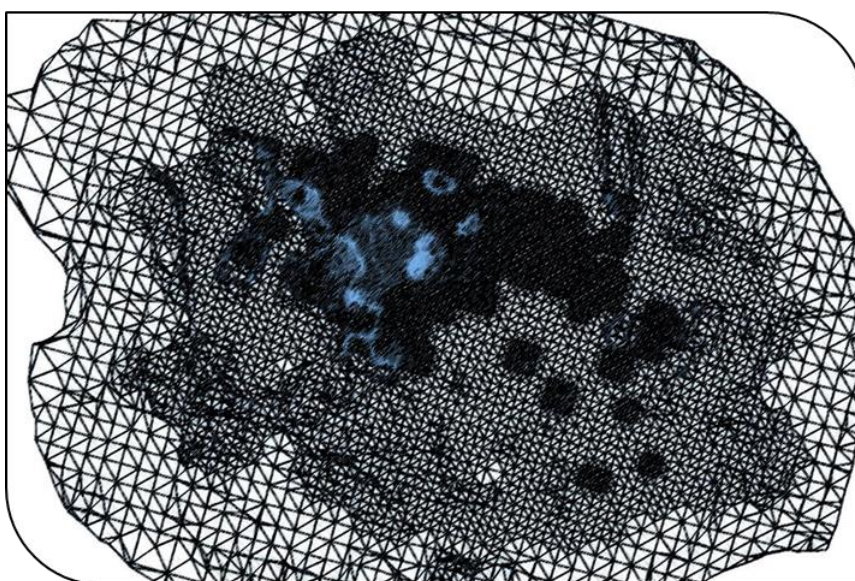


Рис. 2. Триангуляционная сетка

В наиболее простом случае координаты точек исследуемого или контрольного объекта в пространстве определяют с помощью измерений, которые выполняются по двум или более фотографиям, снятым из разных положений. На каждом снимке определяют общие точки, принадлежащие объекту, и по пересечению лучей, проведенных от местоположений камеры до выбранной точки, определяют ее положение в пространстве. Эти данные могут быть полезны при воссоздании пространственных координат точек и их взаиморасположении друг относительно друга.

В 2015 г. проводился ремонт сквера. В частности, был завезен почвенно-растительный грунт и произведен засев трав. В весенний период часть сквера также была затоплена. Результат 3D визуализации представлен на рис. 3.



Рис. 3. Вид сквера после ремонта: цвет характеризует неравномерность травяного покрова от насыщенного зеленого (плотный покров) до светло-бежевого (крайне редкий)

Как правило, в основе алгоритмов, используемых в фотограмметрии, лежит принцип минимизации суммы квадратов ошибок измерений. В качестве достоинств фотограмметрии можно выделить следующие: 1) точность измерения, 2) возможность автоматизировать процесс получения результата и измерений, что определяет их высокую объективность, 3) высокая производительность.

Фотограмметрическое обследование может с успехом применяться при обследовании природных и природно-техногенных систем, при проектировании и 3-D визуализации объектов ландшафтной архитектуры. Ограничением использования фото-видеоаэро съемки является отсутствие и/или недостаток нормативно-правового регулирования [6].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Арефьев Н.В. Основы формирования природно-аграрных систем. Теория и практика/ Н.В. Арефьев, В.П. Бреусов, Г.К. Осипов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 532 с.
2. Михаленко Е.Б. Инженерная геодезия. Использование систем спутникового позиционирования: учеб. пособие / Е.Б. Михаленко [и др.]. СПб. Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 80 с.
3. Михаленко Е. Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д. и др. Инженерная геодезия. Современные методы геодезических измерений с использованием искусственных спутников Земли: учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 80 с.

4. Belyaev N., Krupin V., Mikhaleiko E. et al. Satellite technologies in monitoring of ecosystem. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference. 2015. С. 60-63.
5. Ground Station Wireless Data-link User Manual V 3.02 2014.11 Revision. DJI 2012-2014/-48 p.
6. Воздушный кодекс российской федерации от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 23.05.2016).

УДК 711: 624.1: 624.9

К.В. Зотов, Д.К. Зотов, А.С. Абакаров, А.Н. Чижевский
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПАРКИНГ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСИТЕТСКОГО ГОРОДКА САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Нехватка свободных площадей в городах, недостаточное развитие городской инфраструктуры, постоянный рост численности и плотности населения, количества автотранспорта, нехватка парковочных мест приводят к радикальному пересмотру концепции использования городского пространства. Современный ансамбль Санкт-Петербургского политехнического университета (СПбПУ) сложился, в основном, в первое десятилетие XX века. Политехнический институт представлял собой один из первых в стране и первый в Петербурге институтский городок, построенный по типу Оксфорда и Кембриджа как автономный комплекс, где были тщательно продуманы и прекрасно выполнены все системы жизнеобеспечения. Он представляет собой один из немногих, дошедших до нашего времени в относительно неизменном виде, стройный архитектурный ансамбль [1, 2].

В настоящее время университетский городок и прилегающие территории испытывают острую нехватку парковочных мест. В рабочее время свободные площадки на территории университета и прилегающие улицы заняты припаркованным автотранспортом. На рис. 1 представлен вид сверху проезда между 2-ым учебным и механическим корпусами в выходной (а) и рабочий (б) дни. Превращенная в автостоянку на 90 машин территория явно не украшает объект исторического и культурного наследия федерального значения.

Цель исследования – обоснование проекта паркинга как инструмента развития университетского городка СПбПУ.

Организованные на территории городка СПбПУ платные и бесплатные стоянки с трудом решают задачи парковки автотранспорта сотрудников и студентов, а автомобили, припаркованные на прилегающих улицах, создают помехи дорожному движению.

Кроме названных неудобств, припаркованный на асфальтовом непроницаемом покрытии автотранспорт является опасным источником загрязнения окружающей среды. Утечки горюче-смазочных материалов вследствие разуплотнения коммуникаций и агрегатов автомобилей, смыв нефтепродуктов атмосферными осадками с корпуса и днища машин приводят к попаданию загрязнений в сети ливневой канализации, почвы, грунтовые и поверхностные воды. Повышаются затраты на очистку сточных вод и, как следствие, происходит рост тарифов на водоотведение.

Альтернативой открытым парковкам на территории университетского городка может стать паркинг, который значительно снизит проблему парковочных мест, а также позволит осуществить мероприятия, направленные на охрану окружающей среды, управление поверхностным стоком и т.д.

В качестве площадки для строительства паркинга выбрана территория бывшей угольной ямы. Последние три-четыре года место не используется (пустует), а до этого там располагалась открытая автостоянка.

Предлагаемый паркинг рассчитан на 250 машиномест. В конструктивном отношении он представляет собой каркасную конструкцию. Пространственную жесткость обеспечивают

монолитные железобетонные колонны, жестко заделанные в фундаментную плиту и диски межэтажных перекрытий и покрытие. Паркинг - пятиэтажный. Для того чтобы сохранить высотное соответствие с окружающей застройкой, и в связи с тем, что инженерно-геологические условия способствуют освоению подземного пространства, два этажа паркинга заглублены ниже уровня земли. Разрез паркинга представлен на рис. 2.



Рис. 1. Проезд между вторым учебным и механическим корпусами (вид сверху):
а – в выходной день; б – в рабочий день

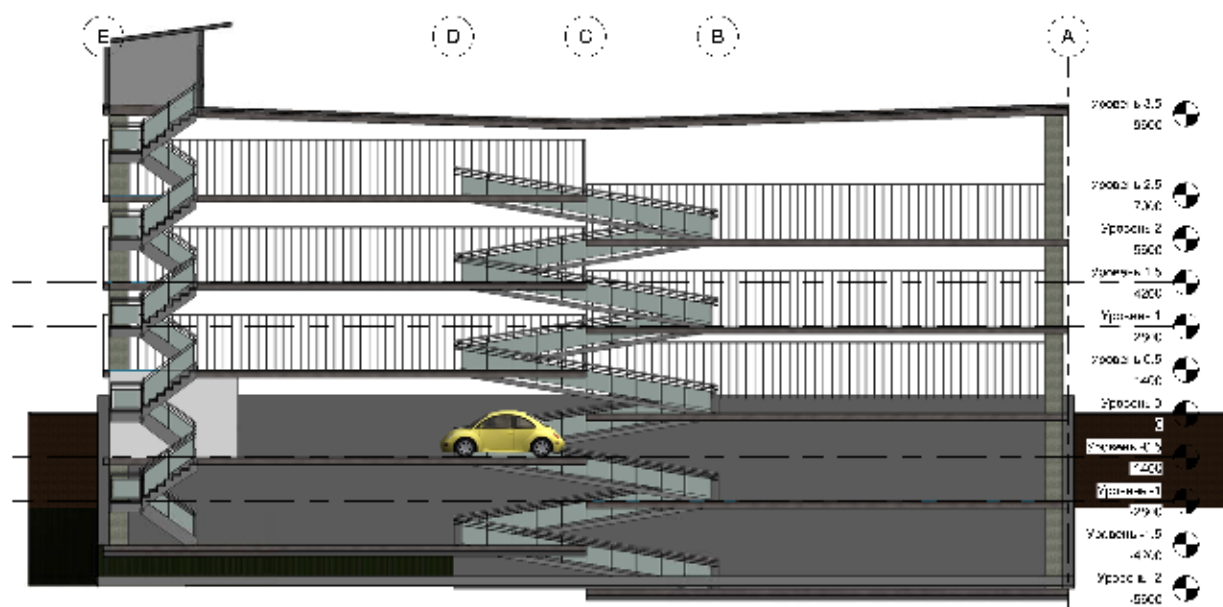


Рис. 2. Разрез паркинга

Было выполнено фотограмметрическое моделирование [3] расположения паркинга на территории. Для этого с помощью аэросъемки с использованием квадрокоптера Phantom 2 [4, 5] создана трехмерная модель паркинга, которая встроена в фотограмметрическую модель местности (рис. 3). Паркинг оборудован локальной очистной установкой, что предотвращает утечку нефтепродуктов за пределы сооружения.



Рис. 3. 3D модель паркинга на территории СПбПУ

Выводы. Предложенный паркинг может быть использован в качестве перехватывающей парковки, т.к. расположен в 5 мин ходьбы от станции метро «Политехническая». Он может быть построен в рамках государственно-частного партнерства. Проект паркинга открыт для использования технологий «зеленого строительства», например - вертикальное озеленение, сбор и использование поверхностного стока с крыши и т.д. Предложенный проект удачно вписывается в концепцию развития студенческого городка, как «зеленой территории».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Историческая справка о Санкт-Петербургском государственном техническом университете как особо ценном объекте культурного наследия народов Российской Федерации. Музейный комплекс градостроительства, архитектуры, искусства, паркового строительства, истории культуры, науки и техники. СПб, 1997. 35 с.
2. Смелов В.А. Санкт-Петербургский политехнический дореволюционный. СПб: ООО «Береста», 2012. 620 с.
3. Бирюков В.С. Обработка цифровых снимков в фотограмметрии: Монография / Бирюков В.С. Москва: ВИУ, 2001. 194 с.
4. Михаленко Е.Б. Инженерная геодезия. Использование систем спутникового позиционирования: учеб. Пособие/ Е.Б. Михаленко [и др.]; под научн. ред. Е.Б. Михаленко. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 80 с.
5. Ground Station Wireless Data-link User Manual V 3.02 2014.11 Revision. DJI 2012-2014/-48 p.

УДК 528.74:712:73.05

Д.К. Зотов, К.В. Зотов, Л.А. Глущенко, В.М. Самсонова, С.А. Сергеев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СКУЛЬПТУРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ УНИВЕРСИТЕТСКОГО ГОРОДКА САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Парк Санкт-Петербургского политехнического университета (СПбПУ), располагается в Калининском районе города между улицами Политехническая, Гидротехников, Гжатская и Хлопина. Все здания СПбПУ (несколько десятков корпусов и зданий) расположены на территории Политехнического парка. Датой основания университета является 19 февраля 1899 года. Современный ансамбль СПбПУ сложился, в основном, в период 1901-1904, 1907,

1914 годов. В начале XX века Политехнический институт представлял собой один из первых в стране и первый в Петербурге институтский городок, построенный по типу Оксфорда и Кембриджа как автономный комплекс, где были тщательно продуманы и прекрасно выполнены все системы жизнеобеспечения. Он представляет собой один из немногих, дошедших до нашего времени в относительно неизменном виде, стройный архитектурный ансамбль. Во время строительства института сосновый массив был огорожен, что способствовало его сохранению. Планировка парка разрабатывалась в 1906-1907 годы фирмой «Помологический сад» А.Э. Регеля и Л.К. Кессельринга. Руководство по благоустройству осуществлял известный садовник Э.Л. Вольф. К 1914 году основные работы были завершены [1]. Парк университета можно рассматривать как положительный пример формирования в городской среде парковой зоны.

Комплекс зданий и парк включены в «Перечень объектов исторического и культурного наследия федерального значения», утвержденный Указом Президента РФ №176 от 20 февраля 1995 года, и относятся к особо ценным объектам культурного наследия народов Российской Федерации как комплекс историко-культурных, архитектурных ансамблей и сооружений и как природно-ландшафтный памятник, представляющий собой материальные, интеллектуальные и художественные ценности.

Садово-парковая зона, на территории которой расположены основные здания университета, являет собой уникальный пример формирования на протяжении столетия паркового пейзажа в городской среде. Основная задача садово-паркового искусства как разновидности архитектуры – организация территории в плановом и объемном отношении.

В последнее десятилетие территория университетского городка пополняется новыми достопримечательностями, в том числе - образцами монументального искусства – скульптурными композициями, которые предназначены стать одним целым с историческим обликом политехнического городка. Речь в настоящей работе идет двух скульптурных композициях, появившихся на территории СПбПУ: скульптура студента ППИ (Петербургского политехнического института) и скульптурная композиция покровителям семьи и брака – Святым благоверным Петру и Февронии Муромским (скульптор К.Р. Чернявский).

Цель работы - исследование возможности использования фотограмметрии для создания базы данных объектов культуры, в том числе имеющих историческое значение.

Для анализа названных скульптурных композиций был использован метод фотограмметрии. Фотограмметрия представляет собой активно развивающийся метод обработки изображений объектов для определения их формы, размеров, положения в пространстве. Фотограмметрия берет свое начало в середине XIX века (почти одновременно с появлением фотографии). Метод активно использовался в картографии, петрографии, геологии, медицине. Однако интенсивное развитие фотограмметрия получила с появлением цифровой съемки и возможностями информационных технологий обработки цифровых изображений.

В настоящее время цифровые технологии: цифровое представление, обработка и анализ изображения получили довольно широкое распространение, т.к. их трансформацию можно выполнить более технологично по сравнению с аналоговым фотоизображением. Применение цифровых методов позволяет неоднократно копировать изображения с сохранением их качества, применять детальный анализ для улучшения их изобразительных свойств. Одно из основных достоинств цифровых изображений – это возможность создания высокоинформативных моделей изучаемых объектов и местности, что достигается применением векторных графических примитивов как в плоскости снимка, так и в пространстве стереомодели [2]. Фотограмметрические модели позволяют наиболее точно передать геометрию моделей. Их отличительной особенностью является возможность передавать сложные геометрические формы объекта.

Фотограмметрические модели скульптурных композиций представлены на рис. 1, а, б. Модель композиции Петра и Февронии на данном этапе исследования была выполнена не полностью, а только для ее фрагментов, а именно - самих фигур. В связи с большой высотой монумента для съемки сверху был использован беспилотный летательный аппарат Phantom 2 [3, 4].



Рис. 1. Модели скульптурных композиций университетского городка СПбПУ:
а – скульптура студента ППИ; б – композиция покровителям семьи и брака –
Святым благоверным Петру и Февронии Муромским (вид сверху)

Полученные 3D твердотельные модели позволяют проводить компьютерную обработку и изучение реальных объектов. Это отличает фотограмметрию от фотографии и видеоизображения. Модели скульптурных композиций были использованы для анализа их роли в формировании пространства университетского городка.

Скульптура «студента ППИ» носит камерный, локальный характер и удачно вписывается в ландшафтную ситуацию – площадка для отдыха у 1-го учебного корпуса, центром которой является фонтан «Мы». В тематическом отношении полностью соответствует месту установки – территория университетского городка. Относительным недостатком можно назвать размещение скульптуры: основной поток посетителей корпуса подходит со стороны станции метро «Политехническая», а фигура обращена в этом направлении спиной. Виртуальное моделирование с использованием созданной модели показало, что возможно более выгодным, с точки зрения восприятия является размещение скульптуры с противоположной стороны площадки – лицом к основному потоку проходящих в корпус.

Композиция Петра и Февронии имеет более монументальный по сравнению с первой скульптурой характер. Это подчеркивается масштабом фигур и массивностью постамента. В отличие от первого примера, место установки не вполне соответствует визуальному и смысловому восприятию скульптуры, что можно было бы определить, предварительно проведя виртуальное 3D моделирование с использованием фотограмметрической модели.

Выводы. Выполненная работа показала, что фотограмметрия является эффективным инструментом для моделирования и анализа как отдельных объектов, так и взаимодействия их с окружающей средой. Важным обстоятельством является то, что метод может быть использован для визуализации объектов культурного наследия для целей их сохранения и/или реставрации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Историческая справка о Санкт-Петербургском государственном техническом университете как особо ценном объекте культурного наследия народов Российской Федерации. Музейный комплекс градостроительства, архитектуры, искусства, паркового строительства, истории культуры, науки и техники. СПб, 1997. 35 с.
2. Бирюков В.С. Обработка цифровых снимков в фотограмметрии: Монография / Бирюков В.С. Москва: ВИУ, 2001. 194 с.
3. Михаленко Е.Б. Инженерная геодезия. Использование систем спутникового позиционирования: учеб. Пособие/ Е.Б. Михаленко [и др.]; под научн. ред. Е.Б. Михаленко. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 80 с.
4. Ground Station Wireless Data-link User Manual V 3.02 2014.11 Revision. DJI 2012-2014/-48 p.

УДК 504.45: 528.71

А.А. Зорина, Т.Н. Кучурина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Аэросъемка является составляющей более широкого класса наблюдения поверхности Земли с помощью авиационных и космических аппаратов, которые оснащены различными видами съемочной аппаратуры - дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) [1]. Использование авиации было единственным методом для получения аэроснимков, которые во многом необходимы для изучения и мониторинга в области гидрометрии. В последнее время возможности аэрометодов значительно расширились благодаря использованию искусственных спутников Земли. Однако получить космический снимок на конкретную необходимую дату потребителю практически невозможно, не говоря уже о стоимости подобного снимка. Теперь же, с появлением радиоуправляемых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), появилась возможность применять их для изучения природно-технических систем с относительно минимальными затратами средств и времени [1, 2].

Актуальность развития методик применения дистанционной радиоуправляемой техники в гидрологии определяется альтернативностью и облегчением основных гидрометрических задач, таких как: аэровизуальные наблюдения, измерения скорости и расходов воды, составление ортофотопланов и др. Применение БПЛА наиболее эффективно, особенно - в труднодоступных районах, на больших реках, а также при выполнении некоторых работ (например, при наблюдениях за весенним вскрытием и ледоходом, перекрытиях больших рек при строительстве гидроузлов, при измерениях расходов воды во время паводков) и в других случаях.

Цель работы - оценить возможности применения комплекса квадрокоптера с подвешенной на борту цифровой камерой в гидрометрической практике.

Выделим основные задачи гидрологических исследований, которые принципиально можно решить с помощью аэрозондирования: гидрография водных объектов (выделение элементов речных систем и водоемов и др.), русловые процессы рек (типизация руслового процесса, выделение элементов строения русла), гидрометрия рек и озер (определение коэффициента извилистости и густоты речной сети, оценка ледовой обстановки), паводки и наводнения (выделение границ затопленных территорий, выявление причин затопления поймы (затор, залом), предотвращение наводнений), снежный покров (выявление границ схода снежного покрова, определение состояния снега), обновление топографических карт, прогнозирование заторов и др. [3].

Эти и другие задачи чрезвычайно важны с практической и научной точек зрения. На данный момент они решаются с помощью спутниковых снимков или снимков, сделанных с пилотируемых летательных аппаратов. Подобные снимки удобны, но требуют больших денежных затрат для получения снимков надлежащего разрешения и в необходимую дату. Предлагаемая в данной работе альтернатива позволяет решить эту проблему.

В данной работе рассмотрены физические основы дистанционных измерений, а также основы применения БПЛА в гидрологии. Подробно изучены основные задачи гидрологии, решаемые с помощью дистанционного зондирования. Практически осуществлено и проанализировано применение БПЛА для получения гидрологической информации. Выдвинуты предположения о возможном использовании полученных аэрофотопланов для научных исследований, а также для практического применения в гидрологических изысканиях.

При помощи комплекса квадрокоптера Walkera QR X350 PRO и камеры GoPro Hero Black Edition 3 на борту были получены аэрофотоснимки участка реки Оредеж в районе д. Даймище. Для их обработки использована программа Agisoft PhotoScan, с помощью которой из серии снимков были получены ортофотопланы местности. Работы выполнялись с соблюдением правил эксплуатации БПЛА [4] и техники безопасности.

Последующая обработка позволила применить полученное изображение в различных примерах.

1. Рекогносцировка. Плановый вид сверху дает возможность произвести первичную оценку состояния водных объектов и прилегающих территорий на момент съемки.

2. Растровая подложка под плановую съемку местности. С помощью программного обеспечения Credo Генплан полученное изображение, привязанное по координатам, дает наглядное представление о местности (рис. 1).

3. Анализ изображения позволяет автоматически определить геометрические характеристики объектов. Масштабированное и привязанное по координатам изображение позволяет с достаточной точностью получать данные об исследуемых объектах: площади и коэффициенты формы для замкнутых контуров – озера, пашни, лесные массивы и т.д. (рис. 2), длины и коэффициенты извилистости для линейных объектов, и др.

4. Анализ русловых процессов. При мониторинге исследуемого участка речного русла путем наложения снимков за разное время (месяц, год) можно получить представление о деформациях русла реки или береговой линии (рис. 3).

На данном ортофотоплане (рис. 3) можно выделить следующие участки:

- 1) с относительно стабильным положением бровок русла;
- 2) с нестабильным - повышается изрезанность береговой линии;
- 3) зоны аккумуляции - низовая часть пойменного массива, это видно по развитию растительности.

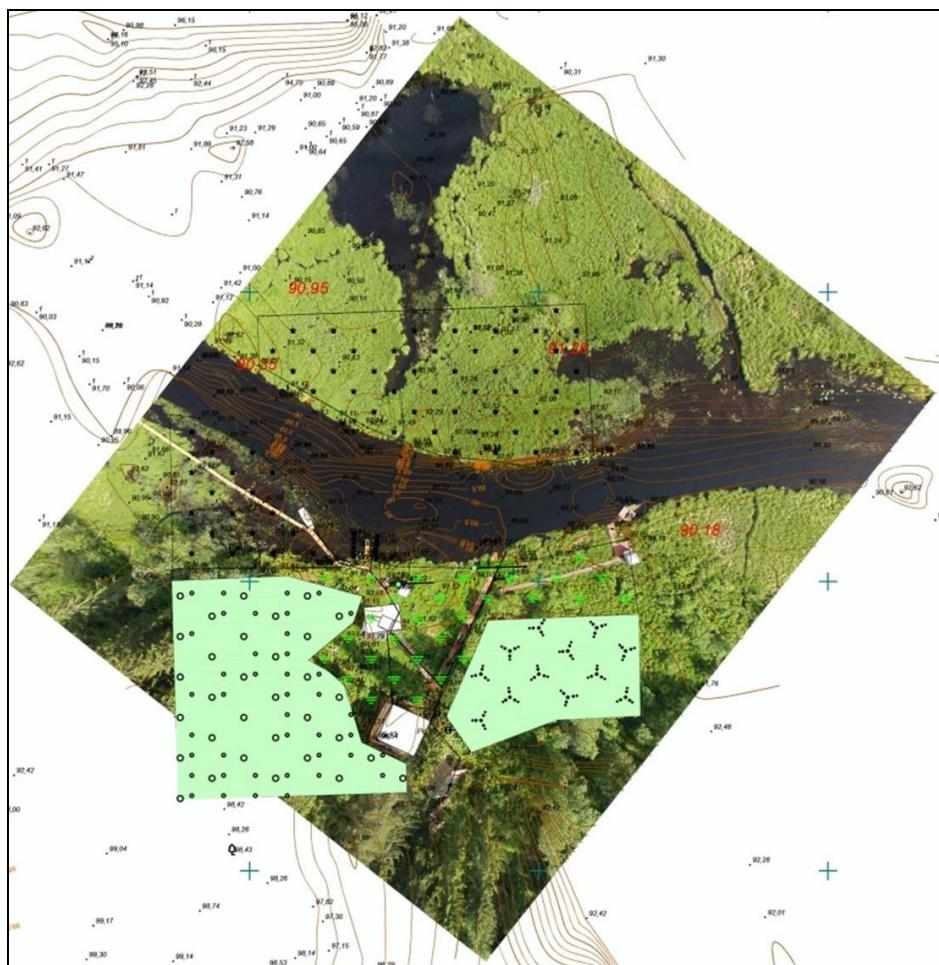


Рис. 1. Наложение ортофотоплана на растровую подложку



Рис. 2. Определение геометрических характеристик замкнутого контура (озера)

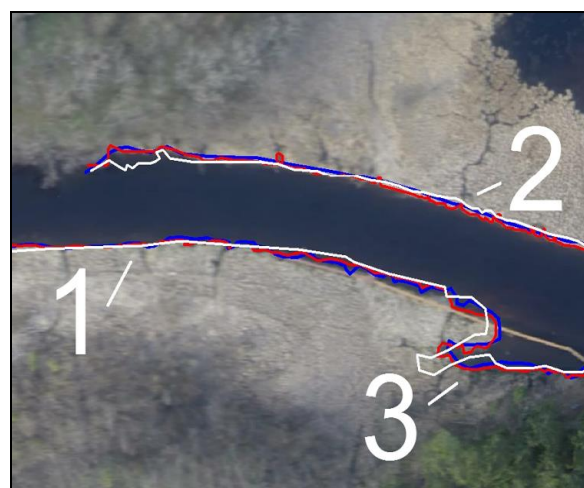


Рис. 3. Динамика русловых процессов

Выводы. Таким образом, воздушная съемка с использованием БПЛА может с успехом применяться при обследовании и изучения гидрологических объектов. Применение БПЛА значительно упрощает и удешевляет трудоемкие измерительные процессы в гидрометрии и гидрографии, особенно - при проведении работ в труднодоступных местах или в местах, опасных для нахождения человека (контроль ледовой обстановки во время ледохода,

наблюдение за состоянием берегозащитных сооружений в период наводнений и т.д.). Наличие компьютерных систем автоматизированной обработки цифровой информации позволяет оперативно получать количественную информацию об изучаемых объектах или процессах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Арёфьев Н.В. Основы формирования природно-аграрных систем. Теория и практика/ Н.В. Арёфьев, В.П. Бреусов, Г.К. Осипов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 532 с.
2. Михаленко Е.Б. Инженерная геодезия. Использование систем спутникового позиционирования: учеб. пособие / Е.Б. Михаленко [и др.]; под научн. ред. Е.Б. Михаленко. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 80 с.
3. Васильев А.В., Шмидт С.В. Водно-технические изыскания. Л.: 1987. 287 с.
4. Воздушный кодекс российской федерации от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 23.05.2016).

УДК 624.195: 624.21.037

А.А. Мырза, Т.Н. Кучурина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫБОР УЧАСТКА ВОЗВЕДЕНИЯ И КОНСТРУКЦИИ ЭКОДУКА В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

С развитием регионов увеличивается количество транспортных сетей, населенных пунктов, промышленных предприятий, и происходит значительное уменьшение природных территорий, являющихся средой обитания для многих диких животных. Ленинградская область является одной из густонаселенных областей России, и с каждым годом количество застроенных территорий, автомобильных и железных дорог увеличивается. Транспортные сети разделяют лесные массивы на отдельные части, в которых находятся представители тех или иных видов диких животных. Для нормального существования животным необходимо менять территорию своего обитания, постоянно перемещаться. Как известно, многие животные вынуждены мигрировать в течение года или сезона для поиска пищи или условий для выживания и размножения. Транспортные магистрали создают иногда даже вовсе непреодолимые барьеры на пути животных [1]. Это приводит к увеличивающимся с годами случаями ДТП на дорогах Ленинградской области, в результате которых гибнут животные и люди [2].

Экодук – один из типов искусственных транспортных сооружений, предназначенных для пропуска диких животных через автомобильные или железнодорожные магистрали. Экодук представляет собой мост через транспортную магистраль, выполненный в виде насыпи грунта, уложенной поверх искусственного перекрытия, под которым осуществляется пропуск механического транспорта. Территория экодука должна максимально повторять окружающий природный ландшафт, и должны быть обеспечены условия для спокойного пребывания на нем животных [3].

Цель исследования - разработка проекта моста-перехода для диких животных с проезжей частью.

Аналогов подобных сооружений на территории Российской Федерации пока не существует, поэтому проект основан на опыте зарубежных примеров европейских и американских инженеров. Сооружения для пропуска диких животных выполняет две основные функции [4]:

- соединяют между собой разделенные дорогой популяции диких животных;
- обеспечивают безопасность движения транспорта по трассе и уменьшают смертность животных от столкновений с транспортом.

Выбор типа сооружения, предназначенного для перехода транспортных магистралей животными, зависит в большей степени от ширины и профиля трассы, которую необходимо пересечь, и типа местности. В случае, когда автомобильная дорога устроена в насыпи, отметки верха которой значительно превышают отметки поверхности земли на данной территории (10 м и выше), предпочтительно строительство тоннеля под трассой. Однако экологи утверждают, что иногда животные не пользуются именно тоннельными переходами, т.к. нахождение в таком пространстве не является для них привычным. Если же дорога проходит в выемке или на уровне поверхности земли, то целесообразнее проектировать другой тип переходных сооружений – экодук. Как правило, это - искусственное сооружение, обеспечивающее пропуск транспорта по дороге, засыпанное грунтом; если сооружение не требует устройства больших насыпей, то конструкция будет представлять собой мост, перекрытие которого будет покрыто растительным грунтом, и там будут произрастать растения, присущие данному типу местности [1]. Иногда такие сооружения используют не только для пропуска диких животных, но и устраивают небольшую дорогу в центре моста или тоннеля для возможности безопасного пересечения трассы пешеходами и небольшими транспортными средствами (рис. 1). В таком случае ширина сооружения определяется из расчета, что (помимо грунтовой дороги) должно быть достаточно места для посадки зеленых насаждений и создания зеленых коридоров [5].

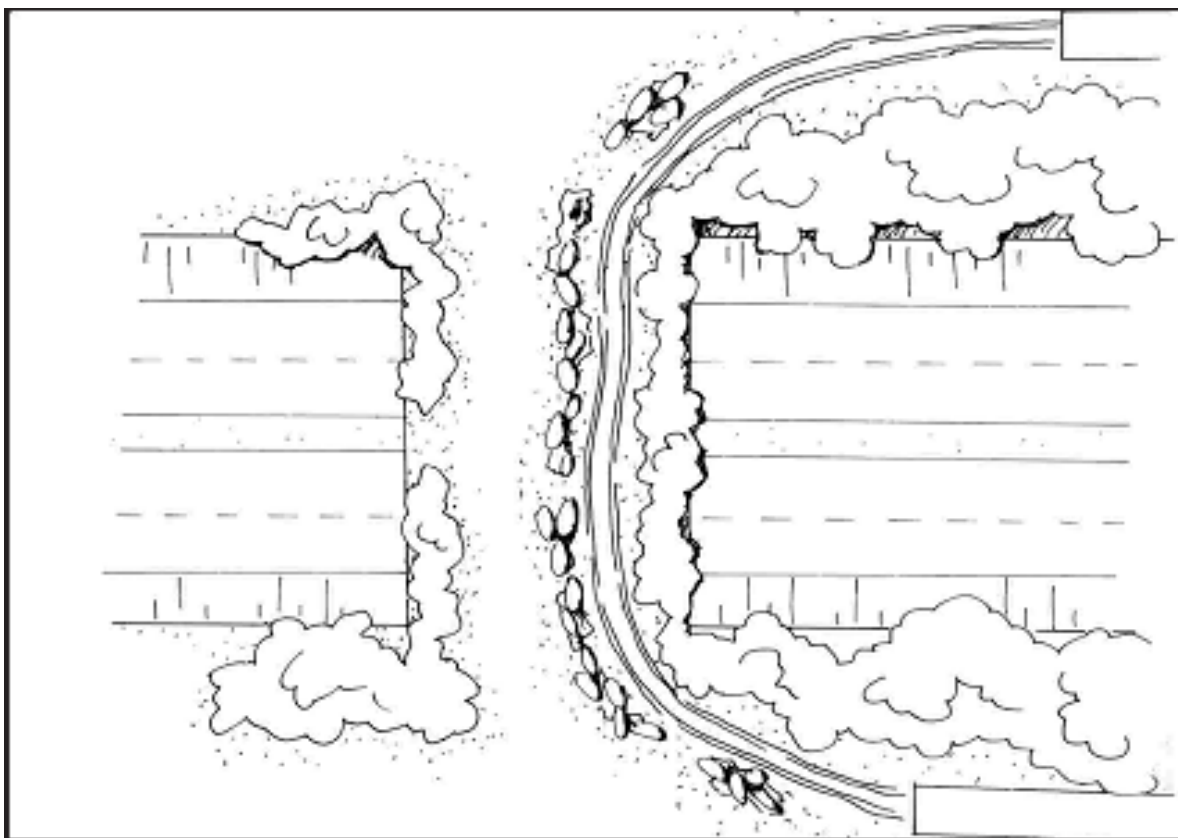


Рис. 1. Тип функционального экодуга

Местом для возведения экодуга выбран участок, расположенный на 57+850 километре трассы «Санкт-Петербург – Сортавала», пролегающий на территории природного заказника. Участок расположен на расстоянии 300 м от пересечения дороги с ручьем «Горюнец» (рис. 2).

Миграции животных, как правило, проходят вдоль рек и вблизи водоемов. Также участок является наиболее удаленным от всех населенных пунктов и промышленных

предприятий. Это показывает, что именно данный участок является наиболее благоприятным для передвижения диких зверей и создания здесь сооружения для их пропуска.

Так как дорога проходит в невысокой насыпи, то предусматривается требование к проекту автомагистрали о занижении отметки проезжей части в створе строительства. Сооружение состоит из автомобильного тоннеля мелкого заложения, обеспечивающего пропуск интенсивного транспортного потока строящейся трассы, и тела грунтовой насыпи. Затем по верху насыпи устраивается грунтовая дорога для использования туристами и местными жителями. Также по дороге может проезжать транспорт небольшой грузоподъемности и сельскохозяйственная техника.

На территории насыпи высаживаются кустарники и травы для создания благоприятной среды для нахождения на экодуке диких животных. В местах, где есть опасность непредсказуемого выхода зверей, на трассу устанавливается защитное ограждение высотой не менее 2 м.

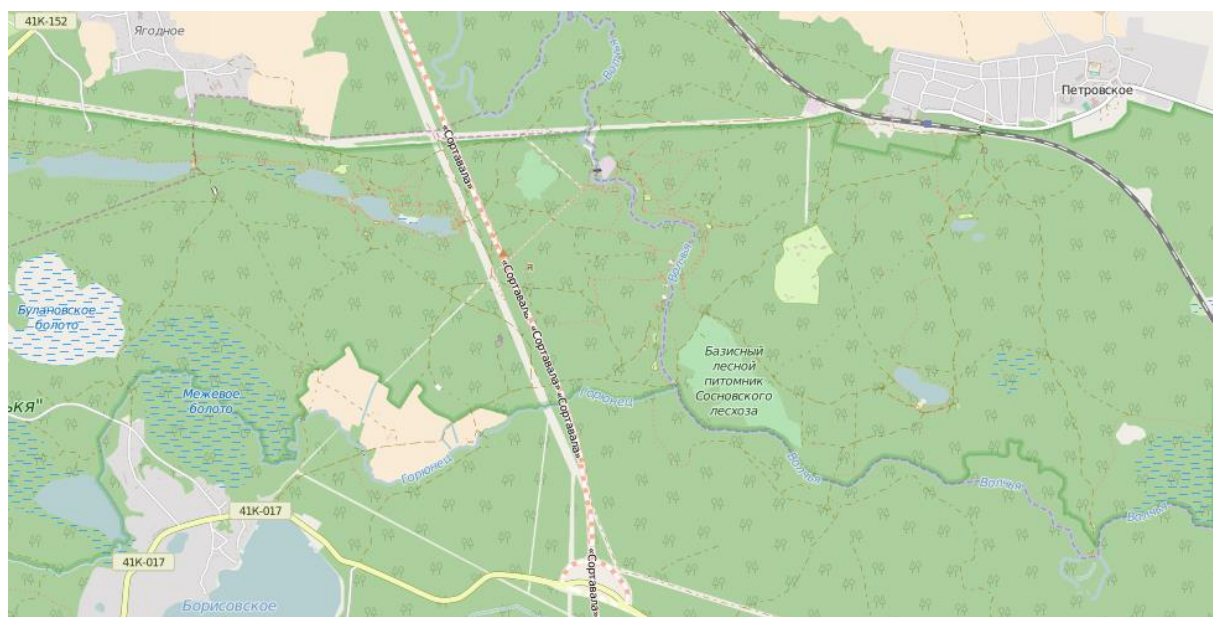


Рис. 2. Ситуационный план

Выводы. Строительство искусственных сооружений для перехода диких животных становится все более значимым вопросом для Ленинградской области. Экодук является оптимальным типом подобных сооружений. Возведение экодука на крупной автомагистрали создаст благоприятные условия миграции диких животных, уменьшит шансы их столкновения с транспортом, что будет способствовать увеличению численности популяций мигрирующих животных. Кроме того, немаловажным фактором является эстетичный вид как элемент благоустройства ландшафта территории автомагистрали.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Natural England Commissioned Report NECR181 – Green Bridges Режим доступа: www.gov.uk/government/organisations/natural-england, 2016).
2. Статья об авариях на дорогах. Режим доступа: <http://ianews.ru/articles/67601/>, 2016.
3. Hans Bekker, Rijkswaterstaat, Centre Traffic and Shipping, Bert Stegehuis, Rijkswaterstaat East Netherlands, Hans de Vries, Rijkswaterstaat, Centre Traffic and Navigation – Defragmentation measures for the protection of our wildlife heritage Rijkswaterstaat, 2011.
4. Wildlife crossing structure handbook. Design and Evaluation in North America. Publication No. FHWA-CFL/TD-11-003, March 2011.
5. Леноблинформ. Режим доступа: <http://www.lenoblinform.ru/news/2015/09/29/losi-290915.html>, 2016.

О ВЫБОРЕ МЕТОДА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНЗ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
В УСЛОВИЯХ ПУСТЫНИ

Наличие надежных источников пресной воды является неременным условием для успешного и устойчивого развития? как отдельных регионов Земли, так и всей планеты в целом. Климатические изменения ведут к процессам опустынивания и повышению уровня мирового океана, что крайне отрицательно сказывается на запасах воды и водоснабжении регионов, подверженных этим бедствиям. Накладывающийся на это резкий рост народонаселения в областях, где остро стоят вопросы водоснабжения, приводит к переэксплуатации водоносных горизонтов [1]. В настоящее время сохранение и рациональное использование водных ресурсов для многих областей Земли является самой главной и первоочередной задачей, решение которой дает возможность для дальнейшего развития территории.

К областям планеты, в которых остро стоит проблема пресных подземных вод, относятся обширные территории аридной зоны, побережья морей и океанов, многочисленные острова. Очень часто подземные воды являются в этих районах земли единственным надежным источником водоснабжения. Освоение пустынь и полупустынь аридной зоны, да и жизнь человека здесь напрямую зависят от наличия пресной воды. Однако, неблагоприятные климатические, геоморфологические и почвообразовательные процессы способствуют повсеместному засолению подземных вод.

Пресные воды в пустыне, как правило, залегают в виде линз, подстилаемых нижележащими солеными водами. Аналогичная картина наблюдается на морских островах и побережьях - с той лишь разницей, что пресные линзы окружены солеными морскими водами. В обоих случаях при истощении запасов пресной воды в результате переэксплуатации водозаборов уровень грунтовых вод снижается, что вызывает вторжение (интрузию) соленых морских или подземных вод в эксплуатационные линзы [2, 3].

Цель работы – обоснование и выбор метода эксплуатации линз пресных подземных вод в условиях пустыни.

В настоящее время проблемам восполнения, защиты и рационального использования запасов подземных водохранилищ пресных вод линзового типа уделяется большое значение. Среди задач, требующих своего решения, разработка мероприятий по борьбе с подтягиванием соленых вод снизу к эксплуатационным водозаборами или, иными словами, предотвращение интрузии соленых вод.

Водозаборы подземных вод в общем виде делятся на вертикальные и горизонтальные. Наиболее распространены водозаборы вертикального типа, состоящие из одиночных или кустов (групп) водозаборных буровых скважин. Оптимальными условиями для применения вертикальных водозаборов являются мощные (десятки метров) водообильные песчаные и песчано-галечные грунты. Однако такие гидрогеологические условия имеются далеко не везде: наиболее распространены слабопроницаемые и маломощные водоносные пласты, отбирать воду из которых с использованием вертикальных скважин зачастую неэкономично или вообще невозможно [4].

В таких случаях применяют водозаборы подземных вод с горизонтальной водоприемной частью, имеющие более высокую водозахватную способность. Будучи

неглубоко заложенными и достаточно протяженными, они позволяют эксплуатировать небольшие водоносные пласты малой водопроницаемости.

Особое место среди горизонтальных водозаборов подземных вод занимают лучевые водозаборы, которые представляют собой радиальную систему горизонтальных скважин, сходящихся в центрально расположенном водосборном колодце. Охватывая значительную по величине зону водоносного пласта, они способны откачивать большие объемы воды, что обуславливает надежность водоснабжения крупных водопотребителей. В то же время, обладая достаточной компактностью, лучевые водозаборы эффективно работают и в маломощных водоносных пластах, обеспечивая подачу небольших количеств воды (например, для сельскохозяйственных целей и в пастбищном водоснабжении).

Форма линз пресных подземных вод (ЛППВ), следовательно, и запасы воды в ней существенно зависят от природно-техногенных условий. Эксплуатационные запасы пресной воды в ЛППВ представляют собой объем воды с заданными кондиционными свойствами, который может быть откачан, поэтому определяются расположением и дебитом водозаборных скважин и зависят от положения и скорости подтягивания фронта соленых вод. На ЛППВ, сформированных на минерализованных грунтовых водах, наиболее вероятно подтягивание нижележащих соленых вод и прорыв их в водозабор. Возможен, конечно, и боковой прорыв соленых вод. Для предотвращения подтягивания снизу к водозаборным скважинам некондиционных подземных вод в [4] предложен метод одновременной (спаренной) откачки пресных и соленых вод. В этом случае между фильтрами формируется поверхность раздела фильтрационного потока, положение которой зависит от соотношения дебитов, взаимного положения и длины рабочей части фильтров в обеих скважинах, коэффициентов фильтрации отдельных слоев водоносного горизонта. При расположении поверхности раздела потоков выше границы между пресными и солеными водами, вторжение соленых вод полностью исключается.

Существующие в настоящее время приближенные методы расчета режима эксплуатации ЛППВ, основанные на эмпирических зависимостях, обладают невысокой прогностической способностью, что ограничивает их применение в различных природно-техногенных условиях. Поэтому для выбора и обоснования типа, параметров и режима работы водозаборных скважин требуется разработка соответствующего информационно-методического обеспечения, основанного на сочетании натурных данных и математического моделирования процессов эксплуатации ЛППВ. Подход к решению задачи эксплуатации пресных линз подземных вод требуют совместного рассмотрения процессов массообмена в сложной системе.

Учитывая, что пресные инфильтрационные и минерализованные грунтовые воды являются смешивающимися жидкостями, физические свойства которых являются непрерывной функцией концентрации и состава раствора, систему пресные-соленые воды можно рассматривать как однофазную жидкость, для которой справедливы основные законы фильтрации жидкости с переменной плотностью и диффузии вещества. Выбор типа водозабора и определение его эксплуатационных характеристик может быть сделан на основе имитационного моделирования. Для этого могут быть использованы программы, учитывающие изменение плотности жидкости, такие как FEMWATER, SUTRA, SEAWAT и др.

В результате моделирования установлено, что (в отличие от подземных водозаборов вертикального типа, состоящих из групп водозаборных буровых скважин) лучевые водозаборы дают возможность вести концентрированно откачку значительных по величине расходов воды из водоносных пластов даже небольшой мощности. Они требуют меньшей площади отчуждения земель, хотя вовлекают в эксплуатацию те же (или даже большие) объемы водоносных пород.

В водоносных пластах небольшой мощности (менее 20 м) капиталовложения в строительство лучевых водозаборов достаточно быстро окупаются за счет существенной

экономии эксплуатационных затрат. Кроме того, применение лучевых водозаборов позволяет избежать длинных дорогостоящих водоводных коммуникаций, линий электроснабжения и связи. Для системы вертикальных водозаборных скважин, которые вынужденно ставят далеко одну от другой (для уменьшения их взаимовлияния), эти коммуникационные линии бывают часто весьма протяженными.

Выводы. Таким образом, для эксплуатации ЛППВ в условиях пустынь (с большой степенью вероятности) предпочтительнее оказываются горизонтальные лучевые водозаборы. В этом случае может быть уменьшен или предотвращен риск интрузии нижележащих соленых вод в ЛППВ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зотов К.В. Моделирование процессов формирования и эксплуатации линз пресных подземных вод. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / СПб, 1996.
2. Линзы пресных вод пустыни: Методы исследования, оценки ресурсов и эксплуатации. Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1963. 380 с.
3. Шевченко Н.Г. Закономерности распространения и формирования линз пресных вод пустынь и опыт их рациональной эксплуатации. Ашхабад: Ылым, 1982. 208 с.
4. Разумов Г.А. Проектирование и строительство горизонтальных водозаборов и дренажей. М.: Стройиздат, 1988. 241 с.

УДК 528.41

Н.О.Борисов, К.С.Лебедева, М.Н.Печерских, Е.Б.Михаленко, Я.А.Олехнович
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОВЕРКА ЗНАЧЕНИЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ПУНКТОВ ГОРОДСКОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАТОРОВ

Одной из основных задач геодезии является распространение единой системы координат на территории государства. Эту задачу реализуют путем создания государственных геодезических сетей – совокупности геодезических (полигонометрических) пунктов, закрепленных на местности специальными центрами, для которых определены координаты. Все геодезические сети России можно разделить на классические – создаваемые по результатам традиционных астрономо-геодезических наблюдений, и современные – создаваемые методами спутникового позиционирования [1, 2, 11]. Поскольку в соответствии с основным назначением геодезическая сеть специального назначения (ГССН) строится на застроенных и подлежащих застройке территориях, традиционным способом её создания является полигонометрия. Однако построение городских геодезических сетей при помощи спутников является и по точности, и по времени более эффективным [1, 2, 11].

Многие виды строительных работ требуют выполнения топографо-геодезических изысканий [5-10, 12, 13]. Важно знать, где находятся пункты полигонометрии, поскольку все плановые и нивелирные работы ведутся с координатной привязкой именно по ним. Однако не так часто проверяют координаты самих геодезических пунктов [5-8].

Цель работы состояла в проверке значений координат пунктов городской геодезической сети с помощью спутниковых навигаторов. Задачами работы было обнаружение пунктов и собрание необходимой информации о них.

Перед началом работ была изучена карта с указанными точками геодезической сети и их координатами, рассчитанными ещё в советское время. Для исследования были выбраны три точки, две из которых располагаются в парке Политехнического университета. Поиск третьей точки занял достаточно много времени, так как многие пункты оказались уничтожены. Сохранившаяся точка была найдена на улице Бутлерова рядом с Пискаревским парком.

Определение координат полигонометрических пунктов производилось спутниковым геодезическим приёмником (Sokkia GRX-1), двумя GPS навигаторами (Garmin eTrex 30 и Garmin GPSMAP78) и двумя мобильными телефонами (iPhone 5S и Samsung SM-A510F), оснащёнными современными геолокационными чипами. Для повышения точности получаемых данных были произведены измерения с промежутком во времени каждым прибором (кроме спутникового приёмника) по 10 раз. Полученные данные представлены в таблицах 1, 2, 3 и 4. Для теоретически менее точных мобильных устройств представлены только окончательные результаты. Номера точек и их координаты:

5116 60°00'19,13" С.Ш., 30°22'49,76" В.Д.
 5085 60°00'20,97" С.Ш., 30°22'38,44" В.Д.
 7501 59°59'51,58" С.Ш., 30°23'38,86" В.Д.

Таблица 1

Средние значения для трёх пунктов полигонометрии, снятые iPhone 5S

	5116		5085		7501	
	С.Ш.	В.Д.	С.Ш.	В.Д.	С.Ш.	В.Д.
x_{cp}	60°00'19,44"	30°22'49,90"	60°00'21,10"	30°22'38,65"	59°59'51,95"	30°23'38,98"
Δx	±00°00'0,07"	±00°00'0,12"	±00°00'0,02"	±00°00'0,07"	±00°00'0,08"	±00°00'0,14"

Таблица 2

Среднее значения для трёх пунктов полигонометрии, снятые SamsungSM-A510F

	5116		5085		7501	
	С.Ш.	В.Д.	С.Ш.	В.Д.	С.Ш.	В.Д.
x_{cp}	60°00'19,67"	30°22'49,96"	60°00'21,03"	30°22'38,47"	59°59'52,20"	30°23'38,82"
Δx	±00°00'0,35"	±00°00'0,07"	±00°00'0,17"	±00°00'0,14"	±00°00'0,21"	±00°00'0,51"

Таблица 3

Координаты, снятые навигатором Garmin eTrex 30

№	5116		5085		7501	
	С.Ш.	В.Д.	С.Ш.	В.Д.	С.Ш.	В.Д.
1	60°00'19,74"	30°22'50,40"	60°00'20,70"	30°22'38,76"	59°59'52,02"	30°23'39,12"
2	60°00'19,26"	30°22'49,74"	60°00'21,12"	30°22'38,64"	59°59'52,20"	30°23'39,00"
3	60°00'19,26"	30°22'49,74"	60°00'21,18"	30°22'38,34"	59°59'52,08"	30°23'39,90"
4	60°00'19,44"	30°22'49,92"	60°00'21,18"	30°22'38,52"	59°59'51,96"	30°23'38,88"
5	60°00'19,20"	30°22'49,92"	60°00'21,18"	30°22'38,46"	59°59'52,08"	30°23'38,76"
6	60°00'19,44"	30°22'49,92"	60°00'21,24"	30°22'38,52"	59°59'51,84"	30°23'38,58"
7	60°00'19,50"	30°22'49,86"	60°00'21,24"	30°22'38,76"	59°59'52,56"	30°23'39,24"
8	60°00'19,20"	30°22'49,74"	60°00'21,12"	30°22'38,34"	59°59'52,02"	30°23'38,82"
9	60°00'19,32"	30°22'49,92"	60°00'21,12"	30°22'38,22"	59°59'51,90"	30°23'39,06"
10	60°00'19,44"	30°22'50,04"	60°00'20,94"	30°22'38,46"	59°59'52,08"	30°23'39,00"
x_{cp}	60°00'19,38"	30°22'49,92"	60°00'21,10"	30°22'38,50"	59°59'52,07"	30°23'39,04"
Δx	±00°00'0,12"	±00°00'0,14"	±00°00'0,12"	±00°00'0,14"	±00°00'0,14"	±00°00'0,26"

Таблица 4

Координаты, снятые навигатором Garmin GPSMAP78

№	5116		5085		7501	
	С.Ш.	В.Д.	С.Ш.	В.Д.	С.Ш.	В.Д.
1	60°00'19,74"	30°22'50,10"	60°00'21,36"	30°22'38,58"	59°59'52,08"	30°23'39,00"
2	60°00'19,86"	30°22'50,10"	60°00'21,36"	30°22'38,52"	59°59'52,14"	30°23'38,88"
3	60°00'19,68"	30°22'50,10"	60°00'21,42"	30°22'38,52"	59°59'52,08"	30°23'38,82"
4	60°00'19,62"	30°22'49,92"	60°00'21,48"	30°22'38,52"	59°59'51,96"	30°23'39,00"
5	60°00'19,62"	30°22'50,04"	60°00'21,42"	30°22'38,52"	59°59'52,02"	30°23'39,00"
6	60°00'19,74"	30°22'50,16"	60°00'21,36"	30°22'38,70"	59°59'52,02"	30°23'38,88"
7	60°00'19,68"	30°22'50,04"	60°00'21,36"	30°22'38,64"	59°59'52,14"	30°23'38,94"
8	60°00'19,68"	30°22'50,10"	60°00'21,30"	30°22'38,58"	59°59'52,14"	30°23'38,88"
9	60°00'19,56"	30°22'50,04"	60°00'21,30"	30°22'38,64"	59°59'51,90"	30°23'39,24"
10	60°00'19,50"	30°22'50,04"	60°00'21,30"	30°22'38,58"	59°59'52,02"	30°23'38,94"
x_{cp}	60°00'19,67"	30°22'50,06"	60°00'21,36"	30°22'38,58"	59°59'52,05"	30°23'38,96"
Δx	$\pm 00^{\circ}00'0,07''$	$\pm 00^{\circ}00'0,05''$	$\pm 00^{\circ}00'0,04''$	$\pm 00^{\circ}00'0,05''$	$\pm 00^{\circ}00'0,06''$	$\pm 00^{\circ}00'0,08''$

В таблицах x_{cp} обозначает среднее арифметическое для отснятых измерений, а Δx обозначает погрешность, которая рассчитывается по формуле:

$$\Delta x = \sigma_x t,$$

где $\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N=10} (x_i - x_{cp})^2}{N(N-1)}}$ – стандартное отклонение среднего результата [4], t – коэффициент Стьюдента, N – количество измерений, x_i – измерение номер i .

Современные GPS приемники, даже в безоблачную погоду и на открытом пространстве, позволяют определить координаты с погрешностью ± 3 м [3]. Для Санкт-Петербурга были рассчитаны следующие данные: 30,87 м в секунде по долготе (0,30 м в 0,01"), а для широты – 15,46 м в секунде (0,15 м в 0,01"). Сравнивая результаты обработки наблюдений и указанную погрешность, можно сделать вывод, что полученные величины верны.

При помощи спутникового приёмника с высокой точностью были получены следующие результаты: 5116 – 60°00'19,30" С.Ш. 30°22'49,80" В.Д.; 5085 – 60°00'21,03" С.Ш. 30°22'38,47" В.Д.

Следует отметить, что прослеживается определённая тенденция отклонения проведённых измерений от исходных данных. Координаты по широте получились больше, что означает смещение на север (в среднем на 0,25" или 3,75 м), по долготе также больше, что означает смещение на восток (в среднем на 0,17" или 5,10 м).

Сопоставление координат показало, что имеется существенная разница между величинами, полученными с помощью современных и классических методов. Разница координат по широте составляет от 0,06" до 0,49", что соответствует на местности диапазону от 0,90 м до 7,35 м; по долготе составляет от 0,03" до 0,54", что соответствует на местности диапазону от 0,90 м до 16,20 м. Полученные величины наглядно демонстрируют, что ранее рассчитанные координаты следует перепроверить с помощью высокоточного оборудования.

В ходе исследования было выявлено, что официальные координаты пунктов местной (городской) геодезической сети требуют уточнения с использованием современных методов позиционирования и необходимы дальнейшие работы в этой области.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инженерная геодезия. Геодезические сети и их развитие: учебное пособие / Михаленко Е.Б. [и др.]. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 79 с.

2. Инженерная геодезия. Современные методы геодезических измерений с использованием искусственных спутников Земли: учеб. пособие / Е. Б. Михаленко [и др.]. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 80 с.
3. Всероссийский информационно-поисковый центр «Отечество» – URL – www.v-ipc.ru/guides/coord (дата обращения 07.10.2016)
4. Агапьев Б.Д., Козловский В.В. Практическая обработка экспериментальных данных: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.
5. Инженерная геодезия. Решение основных инженерных задач на планах и картах: учеб. пособие / Е.Б. Михаленко [и др.]. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. 105 с.
6. Инженерная геодезия. Решение основных инженерных задач на планах и картах. Полевые геодезические работы. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 178 с.
7. Инженерная геодезия. Пособие по учебной геодезической практике: учеб. пособие / Е.Б. Михаленко [и др.]. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 93 с.
8. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы, исполнительные съемки и наблюдения за деформациями сооружений: учеб. пособие/Е. Б. Михаленко [и др.]. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 88 с.
9. Инженерная геодезия. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации морских и воднотранспортных сооружений / В.С. Ермаков [и др.]. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. 71 с.
10. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Контроль качества строительства. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации водохозяйственных и гидротехнических сооружений: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2014. 143 с.
11. Инженерная геодезия. Использование современного оборудования для решения геодезических задач: учеб. пособие / Е.Б. Михаленко [и др.]. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 98 с.
12. Михаленко Е.Б. Инженерная геодезия. Наблюдения за техническим состоянием и деформациями при строительстве и эксплуатации сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 80 с.
13. Инженерная геодезия. Геодезические задачи и полевые работы: учеб. пособие / Н.Н. Загрядская [и др.]. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 192 с.

УДК 528.065/.067

Е.А.Дмитриева, А.П.Иванова, В.И.Клещевникова, А.А.Школьников, Е.Б.Михаленко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ

Вопросы, связанные с измерением площади земельных участков, имеют большое значение не только в области строительства, но и в области землепользования, так как зачастую носят экономический характер. Так массовая приватизация земельных участков в нашей стране, активно развернувшаяся в последние годы, обязала владельцев получить фактические размеры своих владений. Поэтому важной задачей геодезии на сегодняшний день является повышение точности и эффективности работ по определению площадей.

Измерение площадей можно проводить как непосредственно на местности, так и путем обработки спутниковых снимков и карт, которые позволяют получить необходимые данные, не выполняя полевых работ [1].

Для получения наиболее точных результатов на местности применяют различные современные геодезические приборы такие, как электронные тахеометры и GPS навигаторы, которые позволяют определить площадь, не проводя дополнительные камеральные работы. Однако при наличии очевидных достоинств данных приборов, каждый из них обладает определенными недостатками, затрудняющими работу с ними [1-3].

Для определения площади по спутниковым снимкам и картам используются как геодезические приборы (планиметры, палетки), так и современные компьютерные программы (AutoCAD, «Пиксель» и т.п.), которые, несмотря на всю простоту их использования, имеют свои недостатки [4-5].

Цель данной работы состоит в рассмотрении каждого из перечисленных выше способов измерения площадей, опробовании их на практике, сравнении и оценке точности полученных значений.

Для проведения исследования было выбрано озеро, находящееся в Полюстровском парке города Санкт-Петербурга. Его относительно небольшие размеры и сложная форма позволили наглядно оценить точность и эффективность использования каждого метода.

Основным способом измерения площади на местности является использование современных геодезических приборов, таких как тахеометр. В данной работе использовался электронный тахеометр Pentax W-825NX. Для реализации задачи по определению площади озера необходимо соблюдать некоторые условия: станции выбирать из тех соображений, что все точки уреза воды должны быть видны с каждой из них, учитывать чувствительность прибора к температуре и другим погодным условиям. После выбора удобных точек для установки прибора (рис. 1), вежу с отражателем перемещали по периметру озера с шагом от 2 до 5 м, производя необходимые измерения.

С каждой станции обход озера совершался дважды. Затем, с помощью программного обеспечения тахеометра, посчитали площадь озера. С первой станции площадь $S_{1.1} = 14660,965 \text{ м}^2$, $S_{1.2} = 14661,408 \text{ м}^2$ со второй станции площадь $S_{2.1} = 14660,468 \text{ м}^2$, $S_{2.2} = 14661,227 \text{ м}^2$. Среднее значение $S_{\text{ср}} = 14661,017 \text{ м}^2$. Это значение было принято за эталон.

Альтернативным способом измерения площади стало использование GPS навигаторов Garmin 78S и Garmin Etrex 30. В каждом из приборов существует встроенная функция по измерению площадей, сам процесс измерения заключается в обходе озера по контуру. Каждым навигатором было совершено по три обхода. Средняя из трех площадей по результатам измерения Garmin Etrex 30 $S_{\text{ср}} = 14658 \text{ м}^2$, по результатам измерения Garmin 78S $S_{\text{ср}} = 14745 \text{ м}^2$. Процентное расхождение между значениями и эталоном – 0,02% и 0,6% соответственно.

Одним из способов измерения площади по спутниковой карте является использование программы AutoCAD, для этого нужно импортировать изображение в программу и использовать функции панели «рисование», после чего определить площадь, заключенную в обозначенном контуре. Изображение было загружено в таком масштабе, чтобы результат был численно равен площади озера в квадратных метрах. Итак, $S_{\text{авт}} = 14838 \text{ м}^2$. Процентное расхождение с эталоном – 1,2%.



Рис. 1. Расположение станций

Также, спутниковое изображение можно использовать для измерения площади в программе «Пиксель», которая позволяет посчитать количество черных пикселей на изображениях формата bmp. Перед началом работы необходимо подобрать спутниковое изображение местности определенного масштаба (в нашем случае 1/2500). Далее определяется площадь одного пикселя, для этого нужно определить количество пикселей в изображении известной площади, к примеру, черного квадрата со стороной 5 см, таким образом получена площадь одного пикселя $S_{\text{пикс}} = 56,96 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2$. Следующим шагом является редактирование изображения местности в программе Paint, где вырезается контур озера, который закрашивается в черный цвет. Далее отредактированное изображение загружается в программу и определяется количество пикселей $k = 39399$. Итак, $S_{\text{изобр}} = 39399 \cdot 56,96 \cdot 10^{-5} = 22,44 \text{ см}^2$, а при

перевode в масштаб местности $S_{\text{пикс}} = 14025 \text{ м}^2$. Процентное расхождение между значением, полученным в «Пикселе» и эталонным значением – 4,3%.

Еще одним способом, связанным с использованием изображения со спутника, является измерение площадей с помощью планиметра. Для данной работы были взяты два различных планиметра: электронный PLANIX 5 и полярный ПП-М УХЛ42. Для работы было выбрано изображение в таком масштабе, при котором отчетливо видны границы озера. Сначала необходимо определить цену деления планиметра. Для этого требуется знать площадь известной фигуры, в нашем случае, площадь квадрата со сторонами $10 \times 10 \text{ см}$. Получившаяся цена деления – $329,358 \text{ м}^2/\text{дел}$. Затем для определения площади каждым прибором не менее трех раз нужно обвести контур озера и получить нужное значение. Среднее значение, полученное электронным планиметром $S_{\text{эл}} = 14902 \text{ м}^2$, а полярным $S_{\text{пол}} = 15003 \text{ м}^2$. Процентное расхождение между этими значениями и эталоном – 1,64% и 2,33% соответственно.

Таким образом, считая значение площади, полученное тахеометром эталонным, видно, что наиболее точным является метод использования GPS навигаторов. Несмотря на достаточно высокую точность данных приборов, в обращении с ними есть ряд преимуществ и недостатков. Если тахеометр – сложный в использовании и дорогостоящий прибор, чувствительный к факторам окружающей среды, GPS навигаторы менее дорогостоящие, проще в эксплуатации и менее чувствительны к погодным условиям, а также в отличие от тахеометров могут использоваться и в плохо просматриваемой местности. Эти результаты хорошо согласуются с результатами более ранних работ [6-9].

Достаточно точным является механический способ измерения площадей – использование планиметров. Точность результатов зависит от многих факторов: точности определения постоянной планиметра, цены деления, конфигурации участка, состояния прибора, деформации бумаги и т. д. Менее точными оказались результаты камеральных измерений. В то время как отличие результатов GPS навигатора от эталонного были менее 1%; результат, полученные в программе AutoCAD отличается 1,2%, а результат, полученный в программе «Пиксель» – более чем на 4%. Однако, стоит отметить, что эти расхождения могли быть вызваны погрешностями на разных этапах. Для определения площадей была использована фотография из сервиса Google Карты, полученная со спутника. Стоит учитывать, что камеры на спутниках не идеальны и могут искажать снимок, возможны искажения, получаемые из-за формы Земли, а также погрешности в вычислениях самих программ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Михаленко Е. Б. Инженерная геодезия. Использование современного оборудования для решения геодезических задач: учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 98 с.
2. Михаленко Е. Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д. и др. Инженерная геодезия. Современные методы геодезических измерений с использованием искусственных спутников Земли: учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 80 с.
3. Мульчик С.В. Современные приборы для геодезических измерений и методы инженерно-геодезических изысканий // Технические науки. С. 100-101.
4. Загрядская Н.Н., Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Инженерная геодезия. Геодезические задачи и полевые работы: учебное пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 192 с.
5. Беляев Н.Д., Духовской А.Н., Загрядская Н.Н., Михаленко Е.Б. Инженерная геодезия. Решение инженерных задач на планах и картах: учебное пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2004. 66 с.
6. Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Ковалев В.О., Крупин В.А., Попко В.В. Измерение площадей водосбора и зеркала водоемов спутниковыми навигаторами // XLII неделя науки СПбГПУ. Материалы НПК с международным участием. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 91-93

7. Belyaev N., Krupin V., Mikhalevko E. et al. Satellite technologies in monitoring of ecosystem. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference. 2015. С. 60-63.
8. Belyaev N.D., Mikhalevko E.B., Krupin V.A., et al. Water surface and drainage areas measuring with satellite navigators. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 2 (17). С. 66-74.
9. Попко В.В., Ковалев В.О., Крупин В.А. и др. Исследование влияния размеров земельных участков на точность определения их площади с помощью GPS-навигаторов, работающих в системах GPS и GPS+GLONASS. XLI Неделя науки СПбГПУ. Материалы НПК с международным участием. Спб.: Изд-во Политехн ун-та, 2012. С. 379-381.

УДК 528

В.А.Климова, Т.Ю.Лапыгина, П.В.Чумаков, Н.Д.Беляев, Е.Б.Михаленко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЙ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ В БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНОМ РЕЖИМЕ

Для выполнения различных геодезических работ применяют разнообразные приборы, в том числе электронные тахеометры [1, 3, 5, 6]. Они различаются по области применения, конструкции, принципу работы и некоторым другим параметрам, которые могут значительно влиять на точность измерений [4]. В тех случаях, когда из-за условий измерений нет возможности использовать отражатель, применяется безотражательный способ измерений. В этом случае на получение результата могут оказать влияние не только характеристики прибора, но и материал поверхности объекта, расстояния до него, а также угол между визирной осью прибора и отражающей поверхностью объекта. Исследованию влияния этих факторов на результаты измерений и посвящена данная работа. Следует отметить, что эта тема затрагивалась ранее в работе [2], но из-за недостаточного объема полученной информации в ней не удалось получить каких-либо убедительных результатов.

Цель работы состоит в оценке влияния условий измерений на результаты работы электронных тахеометров в безотражательном режиме.

Для сравнения были взяты два электронных тахеометра одной фирмы: Pentax V-227N и Pentax R-325NX с дальностью измерения в безотражательном режиме до 90 м и 270 м соответственно. В качестве объектов измерений были рассмотрены следующие материалы: дерево, бетон, кирпич керамический красный, кирпич силикатный, а также белый глянцевый пластик. Угол между визирным лучом и поверхностью объекта изменяла в следующем диапазоне: 90°, 60°, 45° и 30°. Расстояние от прибора до объекта изменялось с шагом 20 м.

Для каждого положения объекта выполнялось 10 измерений, и фиксировалась в процентах доля положительных результатов.

В качестве примера на рис. 1 представлены результаты измерений для силикатного кирпича, где представлены зависимости процентного количества результативных измерений от расстояния до объекта и угла подхода к объекту визирного луча.

В результате проделанной работы было выявлено следующее: тахеометр Pentax R-325NX имеет гораздо меньшую дальность измерения, чем заявлено в паспорте, что подтверждается результатами измерений и графиками на их основе. Для силикатного кирпича получен резко убывающий график, показывающий, что тахеометр этой модели очень чувствителен к расстояниям до объектов из данного материала. Относительно углов поворота количество положительных результатов уменьшается пропорционально. Керамический кирпич имеет схожие показатели с чуть более плавным изменением графика расстояний. Бетон имеет плавно убывающую кривую лишь при 30°, при всех остальных

углах подхода прибор оказался достаточно чувствителен к малейшему изменению в расстоянии. Дерево дает нехарактерный резко убывающий график, причем для разных углов подхода графики практически идентичны. Пластик ведет себя аналогично. Оба вышеупомянутых материала хоть и показывают чрезвычайную чувствительность к ним прибора, но и дают наибольшую отражательную способность: у этих объектов последнее расстояние, с которого возможно измерение, больше на 5 м.

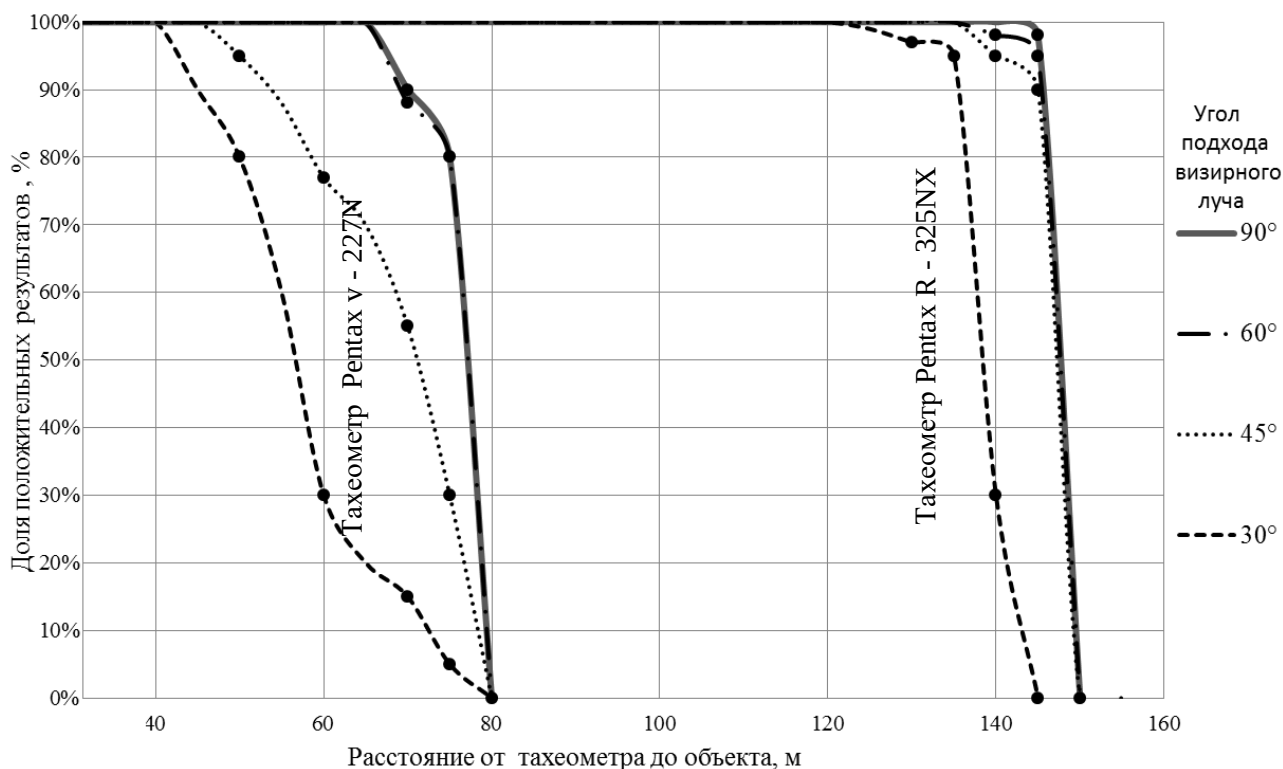


Рис. 1. Результаты измерений для силикатного кирпича при углах подхода визирного луча 90°, 60°, 45° и 30°

Дальность измерения Pentax V-227N незначительно отличается от указанной в паспорте, но результаты измерений расходятся с выше описанными. Для силикатного и керамического кирпичей получены идентичные зависимости: кривая убывает тем плавнее, чем меньше угол подхода визирного луча, с увеличением угла прибор более чувствителен к расстоянию.

У бетона все кривые одинаково резко убывают, но при малых углах подхода последнее расстояние, с которого возможно провести измерение, оказывается меньше. У дерева и пластика идентичные графики, указывающие на высокую чувствительность при всех углах подхода, причем последнее расстояние – одинаковое для каждого из углов, однако для дерева это 100 м, а для пластика – лишь 60 м, что делает дерево наиболее приемлемым материалов при данных условиях съемки.

В результате измерений были выявлены некоторые тенденции, характерные для обеих моделей электронных тахеометров.

Во-первых, дерево наиболее хорошо отражало визирный луч во всех случаях, тем самым позволяя производить съемку с больших расстояний. Можно сказать, что дерево – лучший материал для съемки в чувствительном режиме.

Во-вторых, оба прибора оказались чрезвычайно чувствительными как к дереву, так и к пластику – в этих случаях незначительное изменение расстояния могло сыграть большую роль, тогда как для остальных материалов приборы начинали отказывать на видимых

расстояниях. Здесь следует сказать о нежелательности выбора объектов из таких материалов как бетон, силикатный и керамический кирпичи в качестве опорных точек, которые требуется снимать с различных расстояний.

В-третьих, керамический кирпич в обоих случаях показал высокую чувствительность при больших углах подхода и плавное нарастание процента положительных результатов при малых. Этот вывод позволяет говорить о нежелательности выбора объектов из этого материала в качестве опорных точек, которые требуется снимать под разными углами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д. и др. Инженерная геодезия. Учебное пособие по геодезической практике: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.
2. Анисимов А.Е., Корягин Г.С., Столяров М.Г., Михаленко Е.Б. Исследование работы электронных тахеометров в безотражательном режиме. Сборник докладов молодежной НПК в рамках Недели науки СПбПУ. 2014. 124-126 с.
3. Гура Д.А., Гура Т.А. Обзор инженерно-геодезических задач, решаемых с использованием современных электронных тахеометров. Материалы IV Международной научно-практической конференции. 2012. 110-113 с.
4. Гура Д.А., Вареница И.В. Проблема выбора электронного тахеометра. Сборник студенческих научных работ, отмеченных наградами на конкурсах. Краснодар, 2008. 93-94 с.
5. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Загрядская Н.Н. Инженерная геодезия. Наблюдения за техническим состоянием и деформациями при строительстве и эксплуатации сооружений. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014.
6. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Загрядская Н.Н. и др. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы, исполнительные съемки и наблюдения за деформациями сооружений: Учеб. пособие СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008.

УДК 004.052

Д.А.Кутин, С.Ю.Погонин, А.А.Липатова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА PENTAXW-825NX ДЛЯ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПАРКОВОЙ ЗОНЫ

В последнее время на территории всех развитых и развивающихся стран для решения различных инженерно-строительных задач активно используется новейшая высокоточная аппаратура [1, 2]. При проведении геодезических изысканий наиболее удобными в работе являются электронные тахеометры, позволяющие измерить расстояния, горизонтальные и вертикальные углы, вычислять координаты и отметки точек местности. Использование электронных тахеометров не теряет своей актуальности даже с момента ввода в эксплуатацию спутниковых навигационных систем [3-5].

В данной работе были рассмотрены преимущества современного тахеометра PentaxW-825NX. При съемке топоплана использовалось мощное программное обеспечение PowerTopoCE для системы Windows CE, установленной на тахеометре. PowerTopoCE – очень практичен и удобен в использовании, совмещает в себе высокую производительность и простой интерфейс. Все эти характерные черты PentaxW-825NX и PowerTopoCE позволяют впоследствии обрабатывать полученные данные при съемке в трехмерном формате в различных программах. Это позволяет значительно сократить время при выполнении геодезических работ [6, 7, 12].

Для любой проектной работы, связанной со строительством зданий или благоустройством территорий в первую очередь необходим заранее подготовленный

топоплан, являющийся результатом геодезической съемки местности. Он является основой для всего проекта и связанной с ним документации [8, 9].

Цель работы состояла в выявлении преимуществ электронного тахеометра PentaxW-825NX, проведении визуализации парковой зоны на основе полевой геодезической топосъемки, выполненной с помощью электронного тахеометра PentaxW-825NX, подготовке 3D-визуализации парковой зоны на основе данных полевой геодезической топосъемки. В качестве объекта был рассмотрен участок местности в парковой зоне вдоль Мурина ручья (г. Санкт-Петербург), изображенный на рис. 1.

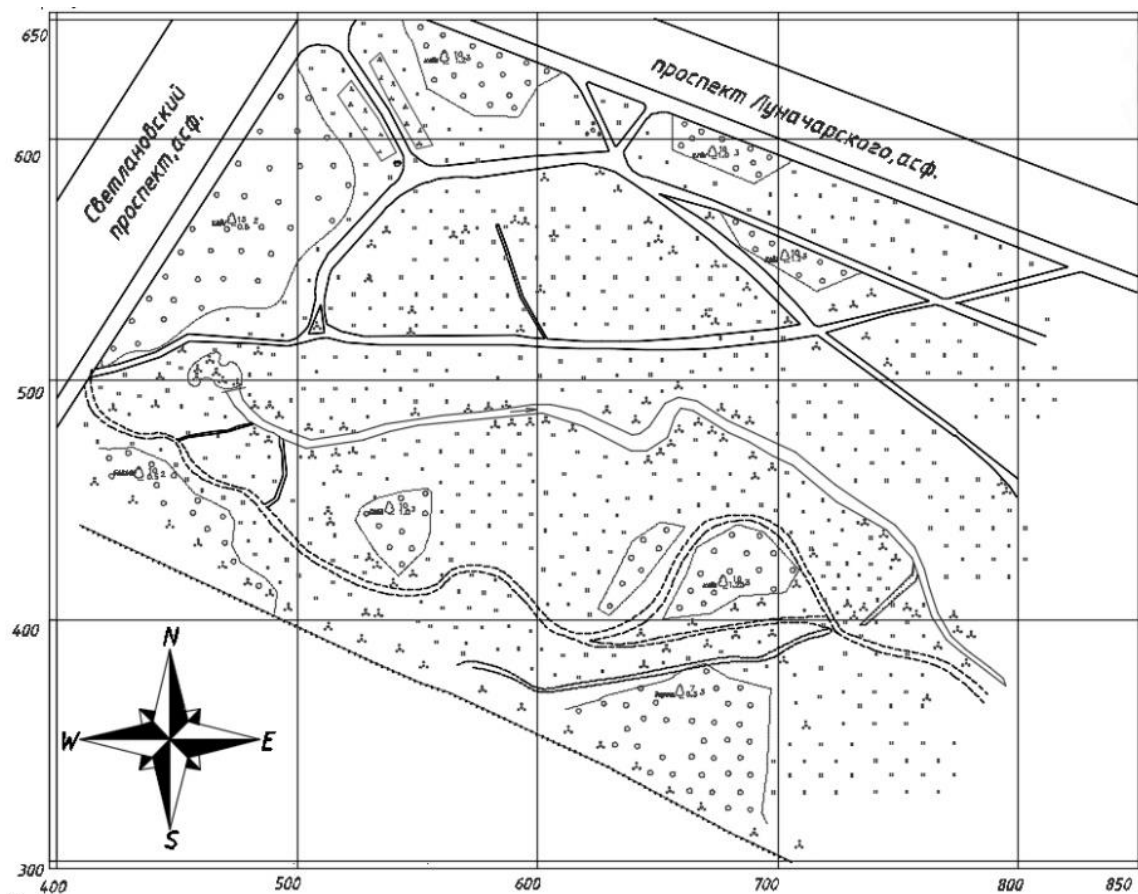


Рис. 1. Участок местности в парковой зоне вдоль Мурина ручья

Съемочным обоснованием служил замкнутый тахеометрический ход, состоящий из четырех станций. С него было снято облако точек с различной степенью концентрации на местности. В целях повышения точности и надежности последующей визуализации, в местах с более выраженным рельефом необходимо было брать большее число точек. Данные тахеометрического хода записывались на флеш-карту в интерфейсе программы PowerToroCE [10]. В результате, был получен проект работы с трехмерными координатами и кратким описанием каждой отдельной точки.

Далее данные геодезической съемки были обработаны в программе Excel. Полученное облако точек было импортировано в программу AutoCADCivil 3D. Точки были сгруппированы в соответствии с описаниями. По данным, описанным в точках, был создан топоплан территории. По группам точек была построена трехмерная модель рельефа местности, а также нанесены значимые парковые объекты, такие как дорожки и отдельно стоящие деревья (рис. 2).

По мнению авторов, применение современных тахеометров и в частности PentaxW-825NX и последующая визуализация территорий с применением BIM-технологий существенно сокращает время работы по сравнению с собственноручным черчением на бумаге или в CAD программах, поскольку основные функции исполнителя сводятся к проведению качественной тахеометрической съемки, импортированию ее данных в соответствующее программное обеспечение и заданию требуемых параметров и стилей. Кроме того, интеллектуальные объекты, которые создаются и которыми оперируют при моделировании в среде Civil 3D, позволяют проектировщикам создавать вертикальные профили и рассчитывать объемы земляных работ за короткое время, не прибегая к другим дополнительным программам, что обеспечивает качественное моделирование территории [11].

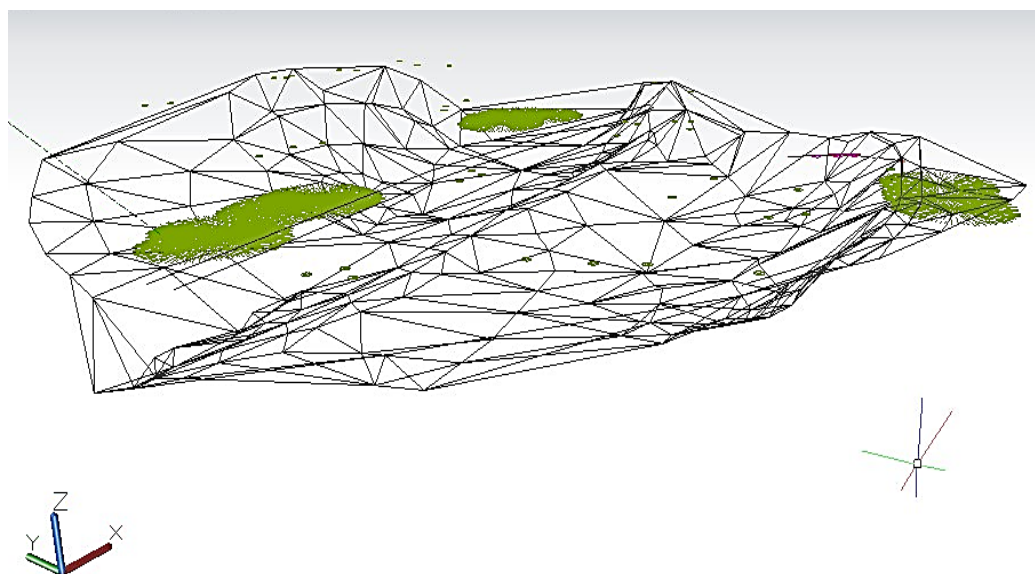


Рис. 2. Участок тахеометрической съемки

Любое проектирование невозможно, пока не будет подготовлена топографическая съемка окружающей строительную площадку территории, результатом которой является топографический план местности [13]. Так называемая «геоподоснова» – это фундамент для проектной документации и дальнейших инженерных изысканий [8, 9]. А тахеометр PentaxW-825NX, предназначенный как раз для топографической съемки местности, с установленным на него ПО PowerToroCE позволяет провести тахеометрическую съемку с созданием карты, не используя при этом никаких сторонних программ и электронных устройств. Тем самым обеспечивается качественное и надежное моделирование территории. Быстрое решение поставленных задач и высокая точность измерений – вот главные положительные стороны новейших методов съемки и обработки данных геодезической измерений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ходаков А.Е., Точёный М.В., Беляева С.В. и др. Особенности применения российских и европейских стандартов в области ремонта и защиты бетонных конструкций от коррозии. Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3 (30). С. 129-142.
2. Вырышева К.Н., Никонова О.Г. Перспективы развития зеленых стандартов в России. Сборник докладов молодежной НПК в рамках XLIII Недели науки СПбПУ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 146-149.
3. Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д. и др. Инженерная геодезия. Современные методы геодезических измерений с использованием искусственных спутников земли: Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 80 с.

4. Крупин В.А., Ковалев В.О., Попко В.В., Михаленко Е.Б., Ковязин А.В. Исследование влияния размеров земельных участков на точность определения их площади и периметра с помощью GPS-навигаторов. Сборник докладов молодежной НПК в рамках XL Недели науки СПбПУ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 331 с.
5. Попко В.В., Ковалев В.О., Крупин В.А. и др. Исследование влияния размеров земельных участков на точность определения их площади с помощью GPS-навигаторов, работающих в системах GPS и GPS+GLONASS. Сборник докладов молодежной научно-практической конференции в рамках XLI недели науки СПбПУ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 380 С.
6. Талапов В. Новый этап внедрения BIM в России: поручение президента. [Электронный ресурс]. 2015. Режим доступа: <http://ardexpert.ru/article/6787>
7. Пелевина И.А. Самоучитель AutoCADCivil 3D 2010. СПб.: ПХВ-Петербург, 2010, 512 с.
8. Ермаков В.С., Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н. и др. Инженерная геодезия. Геодезические сети: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 40 с.
9. Михаленко Е.Б. [и др.]. Инженерная геодезия. Использование современного оборудования для решения геодезических задач: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 98 с.
10. PowerTopoCE Руководство пользователя. Sierrasofts.r.l. Италия, 2008.
11. Козиков А.В., Костикова М.А., Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Сопоставление результатов измерения площадей земельных участков с помощью электронных тахеометров и приборов спутниковой навигации. Сборник докладов молодежной НПК в рамках XLI Недели науки СПбПУ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 384 с.
12. Михаленко Е.Б. [и др.]. Инженерная геодезия. Пособие по учебной геодезической практике: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2011. 62 с.
13. Михаленко Е.Б. [и др.]. Инженерная геодезия. Решение основных инженерных задач на планах и картах. Полевые геодезические работы: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 142 с.

Секция «Гидротехническое строительство».....	3
<i>Альхименко А.И., Застрижная О.Л.</i> Защита морских и речных гидротехнических сооружений от обледенения.....	3
<i>Альбрехт С.В.</i> Разработка концепции морского ветрогенератора на самоподъемном основании для Арктического шельфа	6
<i>Бабаевская О.Н., Кобринец А.М., Третьякова И.Н., Хрестьяновская М.В., Беляев Н.Д.</i> Оценка различных мероприятий по защите дна от размыва, вызванного работой судового движителя.....	9
<i>Береговой Г.В.</i> Обоснование использования шпунтового ограждения для ограждения котлована	12
<i>Береговой Г.В., Иванов П.А., Коровкин В.С.</i> Изменение несущей способности больверка от реологических явлений в грунте основания	15
<i>Бухарцев В.Н., Кискин А.В.</i> Конструирование и расчет откидного затвора сухого дока	17
<i>Бухарцев В.Н., Кузина А.Д.</i> Необходимость строительства сухих доков для крупнотоннажных судов в России	19
<i>Васильева А.Н., Осипов Н.С., Коровкин В.С.</i> К вопросу о физическом износе причальных сооружений	22
<i>Вахрушева С.В., Смоленкова А.В.</i> Укрепление грунтов щебеночными сваями	24
<i>Власов П.П., Кузнецов П.О., Папин А.А.</i> Дефекты оградительных сооружений при длительной эксплуатации и методы их ремонта.....	27
<i>Выдряков А.В., Граков В.О., Беляев Н.Д.</i> Оградительные сооружения из оболочек большого диаметра с защитной наброской	30
<i>Гонякина Е.Н., Шабалова О.П.</i> Техническое состояние пассажирских портопунктов Крымских морских портов	33
<i>Дашкина А.В., Ложкин П.А., Коровкин В.С.</i> Исследование работы двуханкерных больверков на примере Нижегородского порта.....	36
<i>Ефимова В.В., Карелов А.В., Сеницын А.О.</i> Особенности эрозии берегов в Арктической зоне, Печорское море.....	38
<i>Карелов А.В., Ефимова В.В.</i> Подводные потенциально опасные объекты в Арктических морях.....	41
<i>Карелов А.В., Ефимова В.В.</i> Методы пересечения береговой линии при строительстве морских трубопроводов в Арктических морях.....	43
<i>Карелов А.В., Ефимова В.В.</i> Проблемы ликвидации последствий разлива нефти в Арктике.....	46
<i>Качавская О.В.</i> Методы расчета высоких свайных ростверков и их анализ	49
<i>Кобринец А.М., Бабаевская О.Н., Третьякова И.Н.</i> Расширение сезона эксплуатации Полупогружной плавучей буровой установки с учетом ледовых условий	51
<i>Кокорева К.А., Беляев Н.Д.</i> Экспериментальные исследования защиты от размыва оснований шельфовых сооружений с помощью шпунтовых загораждений	54
<i>Крицук Л.А., Мищенко О.С.</i> Создание искусственных рифов для улучшения экологии водоёмов и берегозащиты.....	57
<i>Кудрявцев Е.В., Коровкин В.С.</i> Воздействие ледяного покрова на опоры нефтепирса	60
<i>Кузина А.Д., Рагулин К.Г., Коровкин В.С.</i> Боковое давление грунта на стенку при наличии наклонного экранного ряда	62
<i>Кузина А.Д., Рагулин К.Г.</i> Использование пневматических волноломов.....	65
<i>Кузнецов П.О., Власов П.П., Колгушкин А.В.</i> Берегоукрепительные сооружения Курортного района Санкт-Петербурга	68
<i>Ловягина Е.Г.</i> Аварии традиционных гравитационных причальных сооружений	71
<i>Ловягина В.Г., Калинина Е.С., Коровкин В.С.</i> Реконструкция угловой набережной при недостаточном расчетном уровне воды	74
<i>Лучина И.С., Павлов А.А., Лавров Н.П.</i> Вододелители бурного потока для микроГЭС.....	76
<i>Макаримова А., Лаворчик М.В.</i> Анализ концептуальных проектов плавающих городов.....	78
<i>Мистяков Р.И., Лавров Н.П.</i> Вододелители сверхбурного потока для МикроГЭС	81

Новикова В.С., Дерябин А.С., Коровкин В.С. Взаимосвязь эпюры изгибающих моментов с распределением бокового давления грунта на подпорную стенку.....	83
Одиноква Г.В., Пигулина В.В., Коровкин В.С. Реконструкция слипа к спуску буксира для Северного пути	85
Омелько Ю.К., Беляев Н.Д. Организация геодезических наблюдений при обследовании портовых сооружений	87
Панютина П.Е., Фролова И.Е. Обзор состояния гидроузлов на реке Оредеж.....	90
Папин А.А., Власов П.П. Проблемы надводной и подводной сейсморазведки в условиях Арктики.....	93
Рагулин К.Г., Кузина А.Д. Перспективы развития шельфового строительства в Арктике с применением атомной энергии	96
Рагулин К.Г., Кузина А.Д., Коровкин В.С. Расчет больверка с разгрузочной плитой	99
Рошкова А.И. Расчет несущей способности элементов причалов №101(б) и №101(в) Большого порта Санкт-Петербург	101
Рошкова А.И., Ананьев А.А., Коровкин В.С. Аккумуляция активного давления глинистого грунта за подпорной стенкой	104
Смирнов В.А., Коровкин В.С. Учет температурного воздействия на сваи-оболочки эстакады в порту Тюмень.....	106
Смоленкова А.В., Орлова Н.С., Коровкин В.С. Боковое давление на стенку при наличии экранного ряда свай	109
Субботина Е.В., Шонина Е.В. Влияние химических грузов на износ портовых сооружений и мероприятия по их защите	111
Третьякова И.Н., Кобринец А.М., Бабаевская О.Н. Проект постановки полупогружной буровой установки в Охотском море.....	114
Льву Б.Т., Фам Н.Т., Бухарцев В.Н. Сравнение результатов определения несущей способности нескального основания разными методами	117
Фам Н.Т., Бухарцев В.Н. Влияние фрагментации тела обрушения на несущую способность нескального основания	119
Хрестьяновская М.В., Бабаевская О.Н. Осадка кранового рельса при увеличении эксплуатационной нагрузки на причал	122
Черняев К.Ю., Кузнецов Д.А., Коровина В.К., Того И. Защита от деградации бетонной поверхности ГТС в зоне переменного уровня воды	125
Чургулия Д.Т., Миков К.С., Харсеев А.Е., Филиповская Т.В. Проектирование постановки морской стационарной платформы с использованием Civil 3D и Revit.....	128
Кузенков К.А., Воробьев Г.А. Использование метода засечек в решении различных геодезических задач	130
Куленич А.В., Малышев Я.А., Яковлев М.А., Сергеев В.В., Михаленко Е.Б., Олехнович Я.А. Сравнительная оценка методов передачи проектных отметок на высокие сооружения.....	133
Серебров Д.А., Михаленко Е.Б., Олехнович Я.А. Эффективное использование геодезического оборудования в дорожном строительстве	136
Фролова И.Е., Зотов Д.К., Артищева В.И., Дудырина Е.Н., Еришова А.О., Соколова Н.В. Использование инновационных методов проектирования речных гидроузлов в учебном процессе.....	138
Зотов К.В., Зотов Д.К., Артищева В.И., Дудырина Е.Н., Еришова А.О., Соколова Н.В. Системы автоматизированного проектирования речных гидроузлов в учебном процессе	141
Зотов К.В., Зотов Д.К., Клушнецов В.А. Моделирование волнового режима для выбора отметки гребня дамбы обвалования	144
Красова А.В., Носова Я.И., Чумадова Л.И. Эффективность использования ячеистых бетонов в качестве стенового материала	146
Фролов С.В., Царёва О.С., Дмитриев И.И. Новые формулы вычисления деформаций памятников культурного наследия	149
Царёва О.С., Дмитриев И.И. Новая методика наблюдений за деформациями памятников культурного наследия	151
Царёва О.С., Дмитриев И.И. Оценка пространственных деформаций памятников культурного наследия.....	154

Секция «Строительство объектов возобновляемой энергетики».....	158
<i>Мележик А.А., Зарубин М.А.</i> Экспериментальное исследование теплопереноса в обратном термосифоне системы солнечного теплоснабжения	158
<i>Гущ Ю.В.</i> Волновая энергетика – перспективный сектор возобновляемых источников энергии.....	161
<i>Рамадан А.</i> Исследование режимов работы сетевой ВЭУ 1,3 МВт с асинхронным генератором в Matlab Simulink.....	163
<i>Баянбаев К.А.</i> Повышение энергоэффективности ГЭС.....	166
<i>Азарова И.Ю.</i> Механизмы формирования тарифов на электроэнергию для гидроаккумулирующих станций	169
<i>Богун И.В.</i> Исследование ветроэнергетических ресурсов с использованием программных комплексов WindPRO и OpenWind.....	172
<i>Желонкин В.В.</i> Анализ современного состояния оснований ветроэнергетических установок морского базирования	175
<i>Карягин А.Д.</i> К вопросу о выборе оптимального типа фундамента для ветроэлектрической станции морского базирования в прибрежной зоне острова Котлин	178
<i>Коробов А.А., Петровская Е.П.</i> Анализ возможностей и оценка модели расчета ветрового потока программного комплекса Openwind.....	180
<i>Петровская Е.П., Коробов А.А.</i> Оценка ветроэнергетических ресурсов для Озерновского рудного поля (Камчатский край)	183
<i>Кувайцева З.Ж.</i> Оценка природного ветроэнергетического потенциала в поселке Яр-Сале Ямало-Ненецкого автономного округа	186
<i>Петров В.М.</i> Расчет мощности фасадно-интегрированных фотоэлектрических модулей в реальных климатических условиях эксплуатации	189
<i>Любимов М.А.</i> Исследование энергокомплекса СЭС-ВЭС в НОЦ «ВИЭ».....	192
<i>Лосева А.Р.</i> Стратегии развития гидроэнергетики Киргизии	194
<i>Луцк Л.В.</i> Инвестиционное обоснование строительства биогазовой установки.....	197
<i>Потопнин Е.Ф.</i> Исследование потока солнечного излучения п. Новомихайловский.....	200
<i>Савастеева Е.П.</i> Обоснование модернизации оборудования Миатлинской ГЭС.....	202
<i>Осипова А.К.</i> Обоснование реконструкции Чирюртских ГЭС	205
<i>Фатеев А.А.</i> Исследование российского рынка древесных гранул.....	207
<i>Точёный М.В.</i> Потери напора на деривационных водопроводящих трактах ГЭС	210
<i>Черкасов В.Я.</i> Оценка влияния работы ветроэнергетических установок на окружающую среду	212
<i>Арабов А.Л.</i> Обоснование строительства пудожгорской тэц на смешанном биотопливе.....	215
<i>Калинин И.О.</i> Оптимизация параметров солнечной фотоэлектрической установки.....	218
<i>Бобоев Н.Х.</i> Исследование гидроэнергетических ресурсов Республики Узбекистан.....	221
<i>Бобков В.А.</i> Разработка программного модуля подготовки исходных данных для проектирования электростанций на основе возобновляемых источников энергии.....	223
<i>Куватов Н.А.</i> Управление водно-энергетическими режимами на примере Зарамагской ГЭС	225
<i>Орлова Н.С., Симанкина Т.Л.</i> Определение параметров безубыточности Зарамагской ГЭС-1 ...	227
Секция «Природообустройство»	231
<i>Кынева А.И., Семашкина Н.О., Горбовская А.Д.</i> Деревянное высотное строительство и его энергоэффективность	231
<i>Журавлева Д.Н., Кравченко М.А., Горбовская А.Д.</i> Передовые технологии домов будущего.....	233
<i>Дмитриева Е.В., Парада А.С., Горбовская А.Д.</i> О проблеме интенсивного роста высокотехнологичных отходов	236
<i>Анохина М.Н., Горбовская А.Д.</i> Рекультивация почв на территориях загрязненных нефтепродуктами.....	239
<i>Артищева В.И., Дудырина Е.И., Еришова А.О., Горбовская А.Д.</i> О газовоатмосферной функции болотных почв	241
<i>Барышникова Ю.И., Орехова Г.И., Горбовская А.Д.</i> Реконструкция нагорного парка в городе Барнауле	244

<i>Гиневский Р.С., Горбовская А.Д., Лазарев В.А.</i> Оценка влияния различных факторов на эколого-гидрохимическое состояние водохранилища Сестрорецкий Разлив.....	246
<i>Кынева А.И., Семашкина Н.О., Семашкина Д.О., Горбовская А.Д.</i> Применение энергоэффективных ограждающих конструкций с целью снижения трансмиссионных тепловых потерь здания	248
<i>Липатова А.А., Лыткин С.А., Горбовская А.Д.</i> Разработка методов очистки и восстановления экосистемы реки Ижора.....	250
<i>Орехова Г.И., Барышников Ю.И., Горбовская А.Д.</i> Особенности вертикальной планировки спортивного парка.....	252
<i>Сапоненко В.В., Горбовская А.Д.</i> Оползневые процессы и методы защиты территории от них	254
<i>Соколова Н.В., Авдеева А.А., Шлыкова И.Д., Горбовская А.Д.</i> «Зеленое» строительство в условиях многолетней мерзлоты	257
<i>Ильина М.С., Горбовская А.Д.</i> Экологичность и безопасность строительных материалов	260
<i>Баденко В.Л., Богданов Ш.Р., Лапыгина Т.Ю., Чумаков П.В.</i> Обоснование выбора кровельных материалов	263
<i>Погодина Е.И., Баденко В.Л., Кузьмин К.А.</i> Разработка схемы границ сервитута в отношении земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности	265
<i>Дегтярева Е.П., Елизарова С.М., Павлов С.Я.</i> Аэрация городских бессточных водоемов на примере прудов в парке Авиаторов и Пулковском парке	268
<i>Павлов С.Я., Шатрук А.Б.</i> Крепостные рвы: рекомендации по классификации	271
<i>Иванова А.С., Павлов С.Я.</i> Снегоплавильные установки: предварительные рекомендации по использованию в Санкт-Петербурге.....	274
<i>Павлов С.Я., Куликова А.В., Гродник С.С.</i> Обводнение прудов в исторических ландшафтных парках: разработка мероприятий на примере гидросистемы Ораниенбаумских парков	276
<i>Яблонская О.В., Панко К.В., Смирнов Д.О.</i> Организация оросительной системы в здании оранжереи на примере территории завода Красный треугольник.....	279
<i>Соколова Н.В., Авдеева А.А., Шлыкова И.Д., Волкова Ю.В.</i> Система обогрева спортивного газона в условиях многолетней мерзлоты.....	282
<i>Соколова Н.В., Авдеева А.А., Дудырина Е.Н., Шлыкова И.Д., Волкова Ю.В.</i> Индивидуальный жилой дом в поселке Водный: инженерно-геологические изыскания.....	284
<i>Смирнов Д.О., Яблонская О.В.</i> Восстановление водных объектов на территории помещичьих усадеб	287
<i>Семанина Е.П., Волкова Ю.В.</i> Восстановление водного режима территорий объектов культурного наследия	288
<i>Волкова Ю.В., Куликов А.Е.</i> Преимущества «зеленых» зданий на примере двух жилых комплексов Санкт-Петербурга	292
<i>Волынец М.А., Баденко В.Л.</i> Разработка методики оценки планировки коттеджных поселков для выбора мероприятий по увеличению комфортности проживания	294
<i>Щелчков В.А., Ипатов Д.А., Того И.</i> Ультразвуковой контроль прочности бетона	297
<i>Бизяева И.О., Федосеев Д.А., Скворцова О.С.</i> Адаптация методики экспертно-статистической оценки реализации сценариев аварийных ситуаций на примере Копылковской ГЭС.....	300
<i>Корнеева Е.А., Кокарев А.С., Зотов К.В.</i> Формирование буферных зон транспортно-пешеходных связей микрорайонов 60-80-х гг. в Санкт-Петербурге.....	302
<i>Бородин Д.В., Никонова О.Г.</i> Анализ ключевых изменений в законодательстве, касающихся саморегулируемых организаций в строительной отрасли.....	305
<i>Ипатов Д.А., Щелчков В.А., Никонова О.Г.</i> Сравнительный анализ программных платформ Autodesk Revit 2017 и Bentley MicroStation V8i при проектировании зданий в РФ.....	308
<i>Захарова М.К., Касаткина Г.А.</i> Влияние пространственной неоднородности почвенного покрова в тихвинском лесопитомнике на состояние сеянцев хвойных пород	310
<i>Фомина Е.В., Касаткина Г.А., Терлеев В.В.</i> Влияние минералогического состава почвообразующей породы на формирование почв сельгового ландшафта Карельского перешейка	314
<i>Шамарина Е.С., Федорова Н.Н.</i> Влияние дизельного топлива на гидрофизические свойства почв	317

Неупокоева К.Г., Абрамова А.В. Алгоритмическое и программное обеспечения имитационной модели азотфиксации клубеньковыми тканями корней бобовых культур	320
Сысоева Т.Г., Ковалевская Н.М., Хворова Л.А. Оценка биологической продуктивности ландшафтов с использованием дистанционных методов зондирования Земли	323
Терехова Ю.О. Изучение температурного режима почв с помощью программного модуля	327
Шишов Д.А. Ландшафтный подход к использованию сельскохозяйственных земель, как основа экологизации аграрного производства	330
Ильина В.Ю., Шишов Д.А. Кадастры природных ресурсов и их нормативно-правовое обоснование	332
Аслаханов А.Н., Данилина Н.Ю., Терлеев В.В., Волкова Ю.В. Определение критериев эффективности рекультивации земель	335
Туникова А.М., Заварин Б.В. Современные проблемы государственного земельного надзора	338
Инишина Ю.Ю., Козырева Е.В. Некоторые вопросы экологической эффективности использования сельскохозяйственных земель	340
Колмыков А.В., Пишибыш Е.В. Экологическая составляющая сельскохозяйственного землепользования	342
Мильчаков Н.В., Павлова В.А. Геодезические работы, выполняемые для обеспечения сельского строительства	345
Уварова Е.Л. Территориальное планирование как важный элемент устойчивого развития	348
Наймушина Е.А. Землеустройство как инструмент реализации программы устойчивого развития ...	351
Итикеев И.И., Данилина Н.Ю., Терлеев В.В. Оценка ущерба от нарушения (загрязнения) земель	353
Данилина Н.Ю. Социально-эколого-экономическая эффективность организации использования мелиорированных земель	355
Большакова С.Ю., Юдин Е.А. Возможности использования ГИС-технологий в землеустройстве	358
Шпаков А.А., Грик А.Р. Особенности применения спутниковых навигационных систем в землеустроительных и кадастровых работах	361
Воробьев Н.И., Свиридова О.В., Жемякин, Попов А.А., Пищик В.Н. Микробиологический препарат «С.В. МИКОБАКТ», активирующий гумификацию растительных остатков в составе экологически безопасных агротехнологий	363
Моисеев К.Г. Определение дифференциальной пористости почв на основе теории фракталов	367
Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г. Возможность оценки плотности сложения почв и грунтов на основе фрактальных моделей по данным физического мониторинга земель	370
Никоноров А.О. Анализ использования гис-технологий для принятия управленческих решений по борьбе с паводковыми явлениями	373
Никоноров А.О. Модель гистерезиса водоудерживающей способности почвы: проверка адекватности и практическое использование	376
Никоноров А.О., Павлов С.Я. Методика количественной оценки гидрофизических свойств почвы: преимущества и практическое применение	380
Кутузова К.Р., Гадылишин А.Р. Качественная оценка почвенных ресурсов и их потенциала на территории Ленинградской области	383
Черноусова Д.С., Серякова С.С., Гавишина О.П. Методы восстановления с элементами модернизации набережной XVIII века в городской черте Санкт-Петербурга	385
Соколова Н.В., Авдеева А.А., Дудырина Е.Н., Волкова Ю.В. Индивидуальный жилой дом в поселке Водный: физико-географические условия	388
Амелин П.Б., Богданова Д.С. Водоотводящие системы, используемые при работе в карьерах ...	389
Орлова Т.А., Витвицкая В.Н. Инженерно-экологические изыскания на объектах размещения твердых бытовых отходов	392
Абрамова А.В. Семейство моделей кооперативных экологических взаимодействий процесса симбиотической азотфиксации	394
Сергеева Т.А., Гиневский Р.С., Лазарев В.А. Модель гистерезиса водоудерживающей способности почвы: физико-статистическое обоснование	396
Лазарев В.А., Гиневский Р.С. Аппроксимация логнормальной модели гистерезиса водоудерживающей способности в классе элементарных функций на примере песчаной почвы....	399

<i>Сабитова М.А., Данилова М.А., Жукова М.С.</i> Доказательство отсутствия «эффекта помпы» в модели гистерезиса водоудерживающей способности на примере песчаной почвы	403
<i>Гиневский Р.С., Лазарев В.А., Онучина Д.Д., Хамзин Э.Р.</i> Идентификация параметров математической модели по данным о главных и сканирующих ветвях гистерезиса водоудерживающей способности на примере песчаной почвы.....	406
<i>Лазарев В.А., Гиневский Р.С., Онучина Д.Д., Хамзин Э.Р.</i> Верификация математической модели и прогнозирование сканирующих ветвей по данным о главных ветвях гистерезиса водоудерживающей способности на примере песчаной почвы.....	409
<i>Криулин К.Н., Логинова И.И.</i> Основные технологии преобразования рельефа при больших уклонах территорий в ландшафтном строительстве.....	411
<i>Абакаров А.С., Зотов К.В.</i> Анализ методов рационального использования водных ресурсов	414
<i>Зотов Д.К., Зотов К.В., Насыпайко С.С., Полубедов А.С., Фетисов В.В.</i> Фотограмметрическое обследование территории с помощью фото-видеоаэросъемки.....	417
<i>Зотов К.В., Зотов Д.К., Абакаров А.С., Чижевский А.Н.</i> Паркинг как эффективный инструмент развития университетского городка Санкт-Петербургского политехнического университета.....	420
<i>Зотов Д.К., Зотов К.В., Глуценко Л.А., Самсонова В.М., Сергеев С.А.</i> Фотограмметрический анализ скульптурных композиций университетского городка Санкт-Петербургского политехнического университета	422
<i>Зорина А.А., Кучурина Т.Н.</i> Применение беспилотных летательных аппаратов в гидрологической практике.....	425
<i>Мырза А.А., Кучурина Т.Н.</i> Выбор участка возведения и конструкции экодука в Ленинградской области	428
<i>Зотов К.В., Зотов Д.К., Филимонов А.В.</i> О выборе метода эксплуатации линз пресных подземных вод в условиях пустыни	430
<i>Борисов Н.О., Лебедева К.С., Печерских М.Н., Михаленко Е.Б., Олехнович Я.А.</i> Проверка значений географических координат пунктов городской геодезической сети с помощью спутниковых навигаторов.....	433
<i>Дмитриева Е.А., Иванова А.П., Клещевникова В.И., Школьников А.А., Михаленко Е.Б.</i> Сопоставление различных методов измерения площадей	436
<i>Климова В.А., Лапыгина Т.Ю., Чумаков П.В., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б.</i> Исследование влияния условий измерений на работу электронных тахеометров в безотражательном режиме	439
<i>Кутин Д.А., Погонин С.Ю., Липатова А.А.</i> Преимущества использования электронного тахеометра PENTAX W-825NX для 3D-визуализации парковой зоны	441

Политехническая неделя в Санкт-Петербурге :
материалы научного форума с международным участием.
Кафедра водохозяйственного и гидротехнического строительства. –
СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 451 с.

Оригинал-макет подготовлен техническим редактором Беляевым Н.Д.

Сборник докладов опубликован 18.11. 2016 г.
на сайте кафедры «Водохозяйственное и гидротехническое строительство»
Инженерно-строительного института ФГАОУ ВО «СПбПУ» – <http://vigs.spbstu.ru>