

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

НЕДЕЛЯ НАУКИ 2017



МАТЕРИАЛЫ
научного форума
с международным участием
13 – 19 ноября 2017 года

**ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО И
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

POLYTECH  ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербург • 2017

УДК 627:621.31:502.63
ББК 31.6:31.15; 38,77
Н42

Неделя науки 2017 : материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. Кафедра водохозяйственного и гидротехнического строительства. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 348 с.

В сборнике опубликованы статьи студентов, аспирантов и преподавателей кафедры «Водохозяйственное и гидротехническое строительство» (ВиГС) Инженерно-строительного института Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, а также сотрудников других университетов и научно-исследовательских институтов России, представленные по материалам докладов на секционных заседаниях научно-технической конференции кафедры ВиГС в рамках форума «Неделя науки 2017». 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, работников системы высшего образования и сотрудников научно-исследовательских институтов.

Редакционная коллегия
кафедры «Водохозяйственное и гидротехническое строительство»
ИСИ СПбПУ:

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

© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2017

**КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАЗМЫВА ДНА
У ПРИЧАЛЬНЫХ СТЕНОК**

Порт – часть транспортной схемы, без которой невозможно представить современные перевозки грузов. Из-за необходимости перевозки грузов и людей в местах, где иной способ кроме водного транспорта не применим, возникает необходимость все большего использования портов и переправ. Следствием этого является увеличение нагрузок на конструкции в их составе и возникает проблема ускоренного износа гидротехнических сооружений (ГТС). Так, например, Керченская паромная переправа, построенная в 1954 г. и в настоящее время играющая важную роль в обеспечении транспортной доступности полуострова Крым. В последний период она работает с нагрузкой, значительно превышающей проектную. В 2013 г. переправа обслужила 815 тыс. чел., 133 тыс. легковых автомобилей и 47 тыс. грузовых автомобилей. В 2016 году пассажиропоток через переправу составил более 6 млн. человек, что на 31% превысило показатели 2015 года. При этом ее паспортная пропускная способность составляет лишь 262 тыс. чел. в год и 10 судозаходов в сутки (10 судозаходов в период пиковой нагрузки) [1].

Актуальность данной работы состоит в том, что:

- состояние гидротехнических сооружений и акватории перед причальными ГТС большинства портов в наше время находятся в неудовлетворительном состоянии;
- существует опасность разрушения причальных стенок и прекращения работы портов, переправ, что ограничит возможность использования морского транспорта.

Одной из причин ухудшения состояния причальных стенок является размыв дна у их основания. Данная проблема может повлечь за собой значительное снижение несущей способности сооружения и привести к потере устойчивости (значение коэффициента запаса устойчивости становится близким к единице).

Поэтому целью данной работы является изучить причины размыва дна у причальных стенок и в дальнейшем разработать такие мероприятия по ликвидации образовавшихся переуглублений, на которые данные факторы будут оказывать наименьшее воздействие, что позволит избежать разрушения причальных стенок и остановки их эксплуатации.

Примерами возникновения явлений размыва дна у причалов служат: морской пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад», где специалистами ООО «Балтморпроект» разрабатывался проект крепления дна акватории вдоль линии причалов №№1,3,4,5,6,7 в связи с размывами грунтов дна перед существующими причалами [2]; ремонтно-восстановительные работы по укреплению дна у причалов №4 и №5 Терминала перевалки нефти ООО «Невская Трубопроводная Компания» в Морском порту Усть-Луга; укрепление дна причала №10 морского терминала по перегрузке светлых нефтепродуктов в МП «Приморск» [3].

Самой распространенной причиной размыва дна у причальных стенок является интенсивное движение судов вблизи стенки. Размыв основания стенки происходит в результате работы судовых движителей. Струя, возникающая при вращении винтов, оказывает влияние на дно и основание сооружения путем изменения скоростей течения воды в придонном слое, которое наиболее полно характеризует разрушающее воздействие потока. Такие скорости называются донными скоростями потока от судового движителя и зависят не

только от типов судов, но от типов конструкций причальных сооружений. При проектировании и эксплуатации ГТС необходимо учитывать, что донные скорости потока от судового движителя не должны превышать допускаемые скорости течения для материала, слагающего дно акватории или лежащего в основании ГТС [4-5]. В результате анализа состояния эксплуатируемых сооружений выявлены случаи нарушений этого условия, которое может происходить из-за необходимости увеличения нагрузки на сооружение. Примером такой ситуации служит порт Крым.

Другой причиной размыва дна является наличие в зоне функционирования сооружения литодинамических процессов, которые способствуют интенсивному размыву береговых линий, изменению рельефа морского дна, образованию отмелей и заносимости проходных каналов и портовых акваторий. Эти процессы существенно влияют на инженерно-геологические условия и условия морского судоходства в районе и требуют постоянного изучения и контроля. В общем случае литодинамическими процессами береговой зоны являются [6-8]:

1. Гидрогенные процессы – движение воды (волны, зыбь, прибойные течения, цунами, приливы); квазистационарные или постоянные потоки поверхностной циркуляции вод; внутренние волны, вертикальная циркуляция (перемешивание) воды; различные придонные потоки.

2. Гравитационные процессы – медленное сползание и течение грунтов.

3. Суспензионные потоки – придонные течения в морях и океанах с повышенной плотностью.

На Черном море характер литодинамических процессов во многом определяется узостью шельфа и его мелководностью. Основными литодинамическими процессами вблизи порта Крым являются: абразионные, аккумулятивные и оползневые процессы [6].

Одной из причин интенсификации размыва является действие волнения. Вблизи причальной стенки при взаимодействии набегающей и отраженной волн создается поле стоячих волн. Донные отложения реагируют на увеличение скорости водного потока. Размыв происходит в тех местах, где касательные напряжения наиболее высоки. Потоки наносов непосредственно зависят от ветровых волнений, течений, стонно-нагонных явлений. Большое число исследований и публикаций посвящено изучению процессов изменения рельефа морского дна под действием волн и течений. В них представлены результаты численного моделирования, эмпирические и полуэмпирические методы расчетов размыва грунтов различных типов, данные прямых экспериментальных исследований.

Большой размыв могут вызывать действие волн цунами. В процессе обрушения волны образуется сильный, направленный вниз, поток, вызывающий размыв поверхности постели около стены сооружения за счет турбулентного движения жидкости [9].

Геологическое строение участка расположения эксплуатируемого объекта также влияет на размыв дна прилегающей территории гидротехнического объекта. Скорость размыва зависит от состава и физико-механических свойств пород, слагающих береговые уступы [10]. Так, например, для территории акватории порта Крым слагающими верхние слои являются такие грунты как, илы и пески, что обуславливает необходимость устройства конструкций, защищающих акваторию порта от размыва.

Итак, основными причинами размыва дна у портовых гидротехнических сооружений, которые необходимо учесть при проектировании мероприятий по защите от размыва, являются:

1. Интенсивность использования, зависящая от количества судозаходов, характеристик судов и т.п.
2. Наличие литодинамических процессов в зоне функционирования сооружения.
3. Действие волнения.
4. Возможность возникновения волн цунами.
5. Геологическое строение участка расположения эксплуатируемого объекта.

Выполненный анализ основных причин возникновения размыва дна в портовых акваториях указывает на необходимость проведения противоэрозионных мероприятий. Комплекс мероприятий по защите от размыва должен с одной стороны обеспечивать условия нормальной эксплуатации причальных сооружений, а с другой быть экономически оправданным [10-12]. В связи с большим практическим значением проблемы размыва морского дна вблизи гидротехнических сооружений, разрабатываются различные методы решения поставленной проблемы. Эти методы предусматривают многосекционную конфигурацию основания для уменьшения гидродинамического сопротивления; создание искусственного покрытия вокруг основания, главным образом синтетического типа; укладку контейнеров с гравием, ракушкой или песком; применение защитных сеток; насыпка «бермы»; укрепление донного материала при помощи цементирования.

Вывод. В работе представлена классификация основных причин размыва дна у основания причальных стенок, которые необходимо учесть при проектировании мероприятий по защите от размыва. Выполненный анализ основных причин размыва указывает на необходимость разработки более эффективных и обоснованных противоэрозионных мероприятий с учетом всех факторов размыва. Данная работа является основанием для дальнейшей разработки конструкций по ликвидации переуглублений в условиях постоянной эксплуатации и сложных геологических условий, обеспечивающих нормальную эксплуатацию причальных набережных, и являющихся экономически оправданными.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Деружинский В.Е., Деружинский Г.В., Шрамко А.П. Концептуальные положения по организации транспортного перехода через Керченский пролив // Эксплуатация морского транспорта. 2015, №2 С. 3-13.
2. Морской пассажирский порт Санкт-Петербург «Морской фасад. Проект крепления дна [Электронный ресурс] // общество с ограниченной ответственностью Балтморпроект. URL: http://baltmp.ru/proekty/article_post/morskoy_fasad_proekt_krepleniya_dna (дата обращения 01.10.2017)
3. Информация об объектах государственной экологической экспертизы [Электронный документ] // Департамента Росприроднадзора по Северо-Западному федеральному округу (по состоянию на 18.03.2016). URL: <http://78.rpn.gov.ru/> (дата обращения 01.10.2017)
4. Беляев Н.Д. Инженерные методы предотвращения размыва дна от работы судовых движителей: Автореф. дис. . канд. техн. наук. СПб.: СПбГТУ, 1999г.
5. 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.
6. Кушнир В.М., Морозов А.Н., Петренко Л.А., Федоров С.В. Воздействие волн и течений на о. Коса Тузла по данным дистанционного зондирования для оценки эрозии и аккумуляции донного материала в Керченском проливе // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2009. № 19. С. 124-142.
7. Сафьянов Г.А. Геоморфология морских берегов. Издательство МГУ, Москва, 1996 г., 400 с.
8. Анцыферов С.М. Процессы движения песчаных осадков в береговой зоне моря. М.: Наука, 2003.
9. Oumeraci, H. 1994. Scour in Front of Vertical Breakwaters – Review of Problems, Proceedings of International Workshop on Wave Barriers in Deepwaters, Port and Harbor Research Institute, Japan, pp 281-307.
10. Иванов В.А., Кушнир В.М., Федоров С.В. Литодинамические процессы в Керченском проливе по данным космических съемок оптическими сканерами // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2010. № 22. С. 127-155.
11. Беляев Н.Д., Чугунова В.В. Анализ методов защиты от размывов у морских ГТС // XLII Неделя науки СПбГПУ материалы НПК с международным участием. НОЦ ВИЭ. СПб.: Изд-во политех. ун-та. 2014. С. 80-83.
12. Belyaev N.D. Review of protection methods against propeller erosion. Proceedings of IV international seminar on renovation and improvements to existing quay structures. Gdansk, 1997. С. 5-12.

**ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ РАЗМЫВА ОСНОВАНИЯ
ПРИЧАЛЬНОЙ СТЕНКИ В УСЛОВИЯХ БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ
ДВИЖЕНИЯ СУДОВ И ВЫСОКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ СООРУЖЕНИЯ**

Морские и речные порты являются важным звеном в существующей транспортной инфраструктуре. В наше время, происходит существенное повышение внимания к состоянию причальных сооружений.

Из-за физического и морального старения, износа конструкций состояние гидротехнических сооружений и акваторий большинства из постоянно эксплуатируемых портов РФ находятся в неудовлетворительном состоянии. Как следствие, происходит увеличение количества внеочередных обследований, накопление и анализ данных ранее проведенных работ по обследованию. По результатам такого анализа проводятся ремонты, изучаются проблемы ухудшения состояния сооружений, совершенствуются и создаются все новые методы восстановления сооружений [1].

Основными причинами неудовлетворительного состояния эксплуатируемых гидротехнических сооружений и акваторий портов являются: воздействие природных факторов, корпуса судна и перемещаемых грузов; некачественное изготовление материалов и монтажа конструкции; размыв основания у стенки [2].

Рассмотрим подробнее проблему размыва морского дна у основания причальных стенок. В настоящее время изучению процессов локального изменения рельефа морского дна посвящено большое число исследований и публикаций. Актуальность проблемы размыва морского дна подтверждает регулярное проведение специализированных международных конференций [3-6].

Актуальность данной работы состоит в том, что существует опасность разрушения причальных стенок в связи с размывом дна и потерей конструкцией устойчивости, что влечет за собой прекращение работы портов, переправ и ограничит возможность использования морского транспорта.

Целью работы является разработка методов (конструкций) для ликвидации переуглубления у причальных стенок и укрепления дна акватории у причала, для предотвращения дальнейшего размыва в условиях слабых грунтов основания и непрерывной эксплуатации с высокой интенсивностью движения судов.

Разработку методов защиты от размыва предусматривают на стадии проектирования или уже после возникновения размыва (восстановительные методы). В связи с большим практическим значением проблемы размыва дна вблизи причальных гидротехнических сооружений, разрабатываются различные методы решения поставленной проблемы. К таким методам относятся: создание защитного слоя из гранулированного материала; установка искусственных бетонных блоков; укладка матов и других гибких элементов; укладка контейнеров с гравием, ракушкой или песком; применение защитных сеток; устройство «бермы»; укрепление донного материала при помощи цементирования [7-9].

При обосновании выбора методов защиты от размыва необходимо учитывать их экономическую оправданность и обязательное обеспечение нормальной эксплуатации причального сооружения в заданных условиях [10].

В условиях высокой интенсивности движения судов, а также высокой ответственности сооружения, для исключения размывов грунта в районе причалов, для повышения

конструктивной надёжности и долговечности дноукрепления необходимо предусматривать закрепление грунта засыпки.

На основе анализа литературы и нормативной документации ниже предложены несколько вариантов закрепления грунта засыпки в заданных условиях, их преимущества и недостатки.

1. Отсыпка камня различных фракций. Является одним из наиболее распространенных и долговечных способов закрепления.

Преимуществом данного способа служит низкая стоимость строительно-монтажных работ (СМР); минимальный вред биологическим организмам; невысокая сложность СМР, долговечность; простота эксплуатации. Недостатки данного варианта: возможны трудности с поставками камня необходимых характеристик в заданном регионе.

Можно предусмотреть различные способы закрепления грунта засыпки камнем:

- Устройство каменной наброски с закреплением крупнообломочным камнем – устройство нескольких переходных слоёв, путем отсыпки сначала слоя наименьшей фракции (5-20 мм), затем отсыпки следующих слоёв с увеличением фракции. Финальный слой представляет собой самую крупную фракцию, из отсыпанных. Данная конструкция работает, как обратный фильтр. Недостатком данного способа является большая вероятность размыва нижнего слоя наименьшей фракции во время устройства в условиях высокой интенсивности движения судов и волнения. Для решения данной проблемы можно предусмотреть увеличение фракции каждого слоя камня.
- Устройство каменной наброски из крупнообломочного камня. Производится послойная отсыпка камня крупной фракции с заклинкой каждого слоя камнем меньшей фракции. Количество слоёв влияет на стоимость производства работ. Чем больше слоёв, тем больше трудоёмкость водолазных работ.

2. Устройство каменной наброски с закреплением железобетонными плитами. Представляет собой отсыпку нескольких слоёв щебня (сначала меньшей фракции, затем большей). В качестве закрепления грунта применяются железобетонные плиты. Однако при использовании данного способа можно столкнуться с такой проблемой, как сильная агрессивность воды акватории по отношению к бетону. В соответствии с СП 28.13330.2012 для предотвращения негативного влияния воды на конструкцию, необходимо специально изготовить плиты с различными добавками, снижающими влияние воды на бетон.

Преимуществом данного варианта является долговечность. Недостатки: высокая стоимость СМР; высокая сложность СМР (водолазные работы по сцепке плит); плиты, вышедшие из проектного положения, могут быть опасны для судов; сложность эксплуатации.

3. Устройство каменной наброски с укладкой габионов. Также представляют собой отсыпку нескольких слоёв щебня (сначала меньшей фракции, затем большей), а в качестве закрепляющего элемента выступают габионы. Габионы могут быть различной форм: ящики из стальной оцинкованной проволоки, матрасы, цилиндрические габионы. Цилиндрические габионы часто используются для оперативного ремонта гидротехнических сооружений. Представляют собой сетчатые конструкции круглого сечения, наполняемые каменной фракцией. Цилиндрические габионы нередко используются с целью снижения волновой нагрузки.

Примерами использования габионных конструкций на практике для ликвидации переуглубления проектных отметок и защиты дна от размыва служат: применение габионных конструкций для крепления дна вдоль линии причалов №№1,3,4,5,6,7 морского пассажирского порта Санкт-Петербург «Морской фасад» (ООО «Балтморпроект»); устройство габионного поля в качестве ремонтно-восстановительных работ по укреплению дна у причалов №4 и №5 Терминала перевалки нефти ООО «Невская Трубопроводная Компания» в Морском порту Усть-Луга.

Преимущества данного варианта являются: минимальный вред биологическим организмам; невысокая сложность СМР; быстрота возведения конструкции. Недостатки: сложность эксплуатации; низкая долговечность; неаккуратный монтаж габионов (трудоемкие водолазные работы) может привести к нарушению целостности сетки или её покрытия, что впоследствии приведёт к скорому коррозионному разрушению. Отдельные части сетки разрушившихся габионов могут повредить корабельные винты.

Выводы.

В работе представлены результаты анализа литературы и нормативной документации и подбор нескольких вариантов конструкций для ликвидации переуглубления проектных отметок и защиты (закрепления) дна акватории у причальной стенки в условиях высокой интенсивности движения судов, высокой ответственности сооружения и слабых грунтов оснований.

Практическое значение работы заключается в разработке с последующим применением мероприятий по ликвидации размыва дна у причальной стенки, для предотвращения ее разрушения, в условиях постоянной эксплуатации и слабых грунтов основания.

Комплекс мероприятий по ликвидации переуглубления и защиты дна от размыва должен с одной стороны обеспечивать условия нормальной эксплуатации причальной набережной, а с другой быть экономически оправданным. С этих позиций наиболее приемлемым способом является устройство различных конструкций из каменной наброски.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Корнюшин, П.С. Дефекты конструктивных элементов причальных сооружений и их влияние на режим эксплуатации: На примере портов Дальнего Востока России: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.23.01 / Дальневост. гос. техн. ун-т. Владивосток, 2006. 24 с.
2. Корнюшин П.С., Мазур К.А. Анализ последствий недопустимых отклонений причальных стенок. Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. Сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей. Под общей редакцией Т.М. Сигитова. Пермь, 2017. С. 17-23.
3. Belyaev N.D. Review of protection methods against propeller erosion. Proceedings of IV international seminar on renovation and improvements to existing quay structures. Gdansk, 1997. С. 5-12.
4. Babchik D.V., Belyaev N.D., Lebedev V.V. et al. Experimental investigations of local scour caused by currents and regular waves near drilling barge foundation with cutout into stern. Application of Physical Modelling to Port and Coastal Protection. Book of Proceedings. Varna, 2014. С. 114-124.
5. Gaydarov N.A., Zakharov Y.N., Ivanov K.S. 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), Hong Kong, 2014. С. 190-196.
6. Добротворский А.Н., Дружевский С.А., Кушнир В.М., Петренко Л.А. Диагностическая модель деформаций дна под действием гидрометеорологических факторов // Навигация и гидрография. 2001. №1. С.94-103.
7. Беляев Н.Д. Защита оснований ледостойких платформ от размыва. Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. тр. Выпуск №8. Москва, 2009. с. 228-236
8. Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С. и др. Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа. Инженерно-строительный журнал. 2015. № 3 (55). С. 79-88.
9. Беляев Н.Д., Чугунова В.В. Анализ методов защиты от размывов у морских ГТС // В книге: XLII Неделя науки СПбГПУ материалы Научно-практической конференции с международным участием. НОЦ ВИЭ. СПб.: Изд-во политех. ун-та. 2014. С. 80-83.
10. Иванов В.А., Кушнир В.М., Федоров С.В. Литодинамические процессы в Керченском проливе по данным космических съемок оптическими сканерами // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2010. № 22. С. 127-155.

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПОРТА

Порт – часть транспортной схемы, без которой невозможно представить современные перевозки грузов. Любой порт имеет комплекс специальных сооружений для обслуживания водного транспорта: причалы, вокзалы, краны для разгрузки судов, склады для хранения грузов, терминалы, многочисленный вспомогательный транспорт и т.д. Общее число морских портов, обеспечивающих международные перевозки, превышает 2,2 тыс. Из них около 900 находится в Европе, более 500 – в Америке, около 400 – в Азии, остальные – в других регионах мира [1-3].

На 2017 год общее количество морских портов, расположенных в России, и включенных в реестр составляет 67: 12 – порты Западной Арктики, 7 – порты Балтийского моря, 6 – порты Азовского моря, 11 – порты Черного моря, 3 – порты Каспийского моря, 12 – порты Приморского края и Восточной Арктики, 7 – Порты Охотского моря и Татарского пролива, 9 – Порты Сахалина Курил и Камчатки. Это составляет 3/5 от количества портов бывшего СССР, но относительно крупных и хорошо оборудованных среди них довольно малое количество. Самым крупным среди российских портов является Новороссийск.

Также частью морской транспортной схемы являются паромные переправы. Паромная переправа – инженерное сооружение, позволяющее осуществить переход на другой берег водной преграды. Данное сооружение включает в себя береговые сооружения, к которым относятся гидротехнические сооружения, подъездные железные и автомобильные дороги, железнодорожный и автомобильный предпаромные парки, центральный пост управления, блок служебных помещений, помещение для пассажиров (для пассажирских и грузопассажирских паромов), сооружения связи. Под гидротехническими сооружениями паромных переправ понимаются: причал, въезд на причал, ложе парома и подъемно-переходной мост [4].

Морские и речные порты являются важным звеном в существующей транспортной инфраструктуре. В наши дни наблюдается тенденция повышения внимания к состоянию причальных сооружений. Основными причинами являются:

- физическое и моральное старение портовых сооружений;
- переход на государственный контроль над эксплуатацией сооружений (передача в собственность государству – морским администрациям);
- сложные условия строительства и эксплуатации причальных сооружений: глубоководные сооружения (более 8,5 м);
- строительство в районах со сложными геологическими условиями; строительство, реконструкция и ремонт причальных сооружений в районах действующих портов;
- усиление материальной ответственности [5].

Основными дефектами причальных сооружений, наблюдаемыми по результатам проводимых обследований, являются [6-8]:

- разрушение железобетонной надстройки из-за воздействия природных факторов, корпуса судна и перемещаемых грузов;
- дефекты шпунтовой стенки;
- обрыв либо ухудшение эксплуатационных качеств отбойных устройств;
- коррозия шпунта в зоне переменного уровня;
- разрушение монолитного бетона под надстройкой вблизи переменного уровня;

- разрушение массивов стенки вблизи переменного уровня в результате некачественного изготовления;
- размыв основания у стенки [6, 10].

Целью данной работы является выявление факторов, которые необходимо учесть при планировании производства работ по восстановлению работоспособности причальных сооружений в условиях действующего порта.

Актуальность данной работы состоит в том, что по результатам обследований зачастую выявляются многочисленные дефекты причальных сооружений, что предусматривает необходимость производства работ по их ремонту, реконструкции, усилению или восстановлению. В большинстве случаев такие работы производятся в условиях действующего предприятия с непрерывным технологическим процессом. Обязательно необходимо учитывать данный усложняющий фактор при планировании производства работ.

Особенностями проведения строительно-монтажных работ на территории действующего предприятия:

- производство работ в условиях сложившегося генерального плана предприятия;
- необходимо учитывать особенности технологических схем и процессов на производства работ. Необходимо избегать нарушения непрерывности строительных процессов из-за неподготовленности фронта работ на последующем участке;
- большое количество технологического оборудования и инженерных сетей, что вынуждает производить дополнительные работы по предохранению технологического оборудования от повреждений;
- эксплуатация транспортных коммуникаций строителями и работающими на производстве.

Сформулируем факторы и мероприятия, которые необходимо учесть при планировании производства работ по восстановлению работоспособности причальных сооружений:

- необходимость руководствоваться существующими и действующими инструкциями на данном предприятии;
- прохождение обязательного инструктажа перед началом выполнения работ;
- подготовка и ход строительно-монтажных работ должны быть определены с использованием существующих на предприятии средств связи и диспетчерских систем для обеспечения безопасной работы строительно-монтажного персонала;
- режим работы строителей должен совпадать с режимом работы предприятия;
- проход/проезд на территорию предприятия осуществляется строго по пропускam;
- наличие на акватории движения технологического транспорта или его присутствие;
- необходимость ограничения движения транзитного транспорта в зоны работы техники или вблизи участка прохода людей. В случае нахождения паромов, людей и транзитного транспорта в опасной зоне работы техники необходимо остановить на время выполнения работ;
- запрет перемещения плавсредств во время маневрирования и постановки судов на акватории порта;
- при производстве строительно-монтажных работ должны строго выполняться требования правил и регламентов эксплуатирующей организации;
- обеспечение сохранности существующих сооружений и покрытий при подаче строительных материалов к месту производства работ и при производстве работ, исключение негативных воздействий на существующие оборудование, фундаменты и конструкции;
- согласование с администрацией места отстоя плавсредств при неблагоприятных погодных условиях и не занятых в процессе до начала производства работ;

- все перемещения плавсредств в порту производятся с разрешения инспекции государственного портового контроля (ИГПК) с обязательным уведомлением диспетчерской службы.

Все работы необходимо выполнять в строгом соответствии с действующими нормативными документами, Проектом организации строительства, согласованным и утвержденным в установленном порядке, Проектами производства работ и рабочей документацией.

Учитывая, что производство работ осуществляется в условиях действующего предприятия (пример – действующая паромная переправа с плотным графиком движения автомобильных и железнодорожных паромов), разрабатывается детальный график производства работ, учитывающий периоды экологических запретов на производство работ и графики движения судов, который в обязательном порядке согласуется с местными природоохранными органами, администрацией паромной переправы, капитаном порта и службой управления движения судов.

Вывод. В связи с повышением внимания к состоянию причальных сооружений и накоплением результатов их обследований, в работе, на основе анализа отчетных материалов, выявлены основные виды дефектов, которые могут возникать при эксплуатации причалов. Также была произведена систематизация основных факторов и мероприятий, которые необходимо учитывать при планировании и проведении строительно-монтажных работ в условиях действующего порта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Скрынник, А. М. Проблемы правового статуса морских портов, расположенных на акваториях рек //Российская юстиция. 2014. № 2. С. 63-64.
2. Максаковский В.П. Географическая картина мира: учебник для вузов. Кн. I: Общая характеристика мира. М.: Дрофа, 2003. 496 с. (5-е изд.) 2009.
3. Максаковский В.П. Географическая картина мира: учебник для вузов. Кн. II: Региональная характеристика мира. М.: Дрофа, 2004. 480 с. (5-е изд. 2009).
4. РД 31.31.45-87 Инструкция по проектированию гидротехнических сооружений морских паромных переправ (актуализированная версия). М.: Союзморниипроект, 10.08.2017
5. Корнюшин П.С. Дефекты конструктивных элементов причальных сооружений и их влияние на режим эксплуатации: На примере портов Дальнего Востока России: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.23.01 / Дальневост. гос. техн. ун-т. Владивосток, 2006. 24 с.
6. 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.
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 студентов и аспирантов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С. 3-4.
8. Малеванов К.А., Беляев Н.Д. Характерные повреждения причалов типа «больверк» и мероприятия по их устранению. Материалы межвузовской конференции. XXXII неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. Ч. I. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. С. 17-19.
9. 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.
10. Корнюшин П.С., Мазур К.А. Анализ последствий недопустимых отклонений причальных стенок Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. Сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей. Под общей редакцией Т.М. Сигитова. Пермь, 2017. С. 17-23.

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРИЧАЛЬНОЙ ЛИНИИ КОРДОНА ПРИЧАЛОВ №№ 4, 5
В МОРСКОМ ПОРТУ НОВОРОССИЙСК

Причалы № 4 и № 5, расположены в Западном районе морского порта Новороссийск, в районе устья р. Цемес, между внутренними ковшами порта и улицами Мира и Портовой. Причалы построены в 1970 году и представляют собой пирс длиной 146,0 м, шириной 23,0 м эстакадной конструкции на основании из четырех рядов предварительно напряженных центрифугированных железобетонных свай-оболочек.

Реконструкцию причалов №№ 4, 5 предполагается осуществить для увеличения грузооборота и расширения специализации перегрузочного комплекса АО «Новорослесэкспорт». По результатам предыдущего комплексного инженерного обследования, выполненного в 2016 году, причалы № 4 и № 5 находятся в ограниченно-работоспособном состоянии [1], и годны к эксплуатации при условии изменения режима эксплуатации. Значительные дефекты имеют такие элементы конструкций как дно, бортовая балка, отбойные устройства, крановые пути, покрытие, свайное основание и ригели. При обследовании причальных сооружений эстакадного типа важно правильно определить дефекты и повреждения конструктивных элементов и оценить их значимость и весомость для общего физического износа [2-5]. Согласно результатам обследования и натурных испытаний пирса причалов № 4, 5, проведенных в 2010 году, сооружение «исчерпало запасы прочности за счет снижения жесткостных характеристик поврежденных узлов сопряжения свай-оболочек с ригелями, при дальнейшем разрушении указанных узлов в ближайшее время может произойти потеря устойчивости пирса с полным его разрушением от действия внешних нагрузок».

Существующий причал № 4 рассчитан на прием судов водоизмещением до 15 тыс. т, наибольшей длиной до 128,5 м, шириной до 18,0 м и осадкой в грузу до 7,05 м. Существующий причал № 5 рассчитан на прием судов водоизмещением до 7 тыс. т, наибольшей длиной до 101,0 м, шириной до 14,0 м и осадкой в грузу до 5,45 м.

В ходе реконструкции существующих причалов №№ 4, 5, планируется увеличить полезные нагрузки на гидротехнические сооружения и повысить проектные глубины у них для возможности обслужить суда больших размеров. Планируется, что после реконструкции расчётное судно (сухогруз) причала № 4 будет иметь длину до 230,0 м, водоизмещение до 60,37 тыс. т, осадку в грузу 10,75 м; расчётное судно (роллер, Ро-Ро) причала № 5 – длину до 140,0 м, водоизмещение до 23,9 тыс. т, осадку в грузу 7,8 м.

Согласно РД 31.31.38-86 [6], усиление свайного поля существующего эстакадного сооружения рекомендуется выполнять забивкой дополнительных опор через отверстия в плите ростверка с последующим их омоноличиванием. Однако техническое состояние конструкций существующих причалов №№ 4, 5 не позволяет выполнить их усиление, обеспечивающее несущую способность сооружений на расчетные нагрузки. Поэтому верхние строения и элементы свайного основания существующих причалов подлежат демонтажу. На участке примыкания к корневой части причала № 5 планируется обустроить береговой пандус для размещения аппарели расчетного роллера.

Для причалов №№ 4, 5 и берегового пандуса новая конструкция принята по аналогии с существующим сооружением, поскольку для рассматриваемых условий заведомо отсутствуют альтернативные варианты конструкций, имеющих сопоставимую стоимость.

Свайное основание из свай-оболочек само по себе имеет множество плюсов и является перспективным типом конструкций в современном строительстве (гидротехническом,

промышленном, гражданском), отличающийся рациональной совместной работой относительно дешевого наполнителя и материала оболочки, удерживающего наполнитель в проектном положении [7, 8]. Основные преимущества стальных свай-оболочек, в сравнении с железобетонными – сравнительно небольшой вес (в три раза меньше при той же длине), большие прочность и жесткость, возможность погружения секциями любой длины на неограниченную глубину, удобства в доставке на объект [9]. Конструктивный тип сооружения во многом обусловлен особенностями применения тех или иных инженерных решений в конкретных природных и технологических условиях эксплуатации перегрузочных комплексов [10]. Известно, что свай-оболочки очень распространены в Южной части России.

С учетом стесненности судоходной акватории ковша конфигурация причальной линии реконструируемых причалов в точности повторяет существующую линию кордона. Для возможности приема расчетных судов, имеющих большие размерения по сравнению с обрабатываемыми ранее, реконструируемый пирс планируется удлиннить до 260,0 м путем строительства двух отдельно стоящих палов: головного и отбойно-швартовного, соединенных пешеходными мостами. Конфигурация и швартовное оборудование палов принимаются с учетом возможности непредвиденного навала расчетного судна.

Длина эстакадной причальной части пирса и положение палов определены с учетом длины прямолинейной вставки борта расчетных судов и требований к углам наклона швартовов. Габариты палов приняты с учетом размеров свайного основания, швартовного и отбойного оборудования, а также размеров зоны (3 м), необходимой для обслуживания швартовных тумб.

Принятая компоновка причалов и назначенные габариты причальных сооружений соответствуют требованиям: выполнения перегрузочных работ вертикальным и горизонтальным способом; размещения швартовного оборудования исходя из обеспечения безопасности стоянки; обеспечения требований безопасности мореплавания и устойчивости береговой территории при дноуглублении до проектных отметок.

С учетом недостаточной мощности и несущей способности надкальных слоев мягких (дисперсных) грунтов, свайное основание палов, запроектировано в виде свай-стоек (п. 6.2 СП 24.13330.2011 [11]), нижние концы которых заделываются в скальный грунт основания на расчетную величину, но не менее 0,5 м [12].

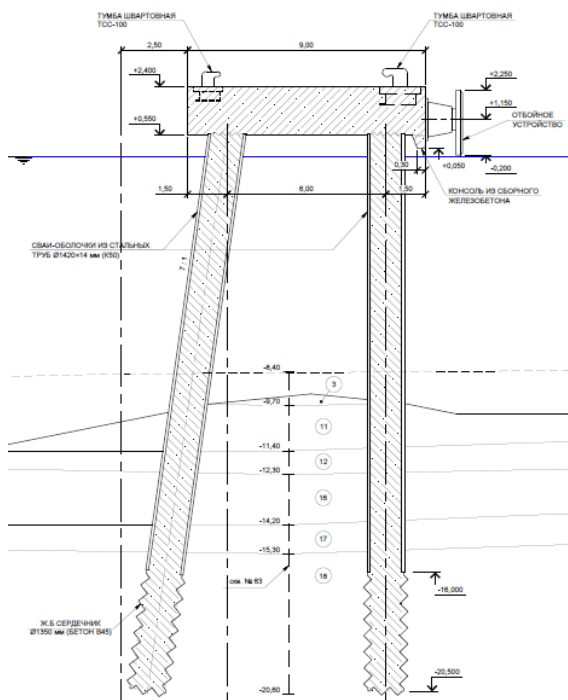


Рис. 1. Конструкция отбойно-швартовного пала

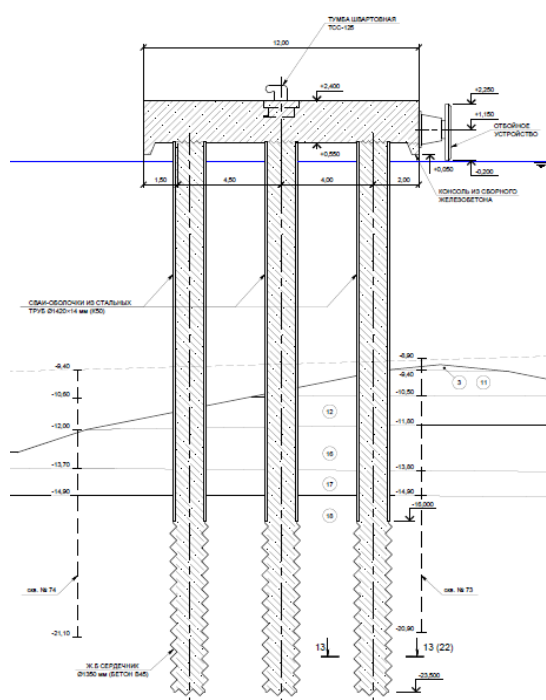


Рис. 2. Конструкция головного пала

В целом, как на участке эстакадной части пирса, так и на палах планируется вертикальное погружение свай-оболочек. Однако, с учетом значительных горизонтальных нагрузок на палы, для обеспечения жесткости конструкции в состав свайного основания вводятся свай-оболочки, погружаемые с наклоном 7:1, принятым по опыту забуривания свай в скальный грунт и с учетом СП 50-102-2003 (п. 8.12) [13] (см. рис. 1). Тип, сечение, шаг и глубина погружения в грунт свай-оболочек палов, а также толщина ростверка определяются расчетом с использованием PLAXIS 2D. Свайное основание принято из стальных труб диаметром 1420×14 мм по ГОСТ 10704-91 [14].

Верхнее строение палов разработано в виде монолитного железобетонного плитного ростверка толщиной 1,85 м (см. рис. 2), что позволяет снизить выдергивающие нагрузки на сваи, в то время как ростверк эстакадной части пирса имеет минимальную конструктивную толщину 0,8 м. Для обеспечения безопасности плавания судов на акватории объект оборудуется навигационным знаком, устанавливаемым на головном пале пирса.

Для обеспечения стоянки расчетных судов предусматривается установка следующих типоразмеров швартовных тумб: ТСС-100 на отбойно-швартовном пале; ТСС-125 на головном пале. Для обеспечения безопасности на палах предусматривается установка перильного ограждения высотой 1100 мм.

По результатам вышеизложенного, можно сделать вывод о необходимости реконструкции причалов №4 и №5. В работе было предложен способ увеличения причальной линии кордона причалов №№ 4, 5 до требуемых параметров путем устройства двух отдельно стоящих палов: головного и отбойно-швартовного. Проведено обоснование выбранного конструктивного типа реконструированного сооружения, а также предложены конструкции палов. Подобрано необходимое швартовное оборудование и средство навигационного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 54523-2011 Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. 2011.
2. Цыкало В.А., Базыкин И.В. Анализ строительных дефектов и эксплуатационных повреждений морских причалов эстакадного типа на сваях-оболочках. Гидротехническое строительство. 2005. № 3. С. 8-11.
3. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Инженерные мероприятия по увеличению долговечности сквозных гидротехнических сооружений. Научно-технические ведомости СПбПУ. 2007. № 49. С. 185-193.
4. Малеванов К.А., Шхинек К.Н., Беляев Н.Д. Сравнительный анализ технического состояния морских гидротехнических сооружений за пятилетний период эксплуатации. XXXIV неделя науки СПбПУ. Материалы Всероссийской межвузовской НТК. СПб, 2006. С. 3-4.
5. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Межвузовский сборник научных трудов. МГТУ. Магнитогорск, 2003. С. 34-39.
6. РД 31.31.38-86. Инструкция по усилению и реконструкции причальных сооружений. 1986.
7. Цимбельман Н.Я., Чернова Т.И. Модельные исследования напряженно-деформированного состояния оболочек большого диаметра с наполнителем. Вестник МГСУ. 2012. № 12. С. 71-77.
8. Цимбельман Н.Я., Чернова Т.И. Постановка экспериментальных исследований оболочек большого диаметра с наполнителем. // Вологдинские чтения. 2012. № 80. С. 16-17.
9. Горшков Н.И., Волков А.Н., Белущий И.Ю., Краснов М.А. О проектировании оснований свайных фундаментов из стальных свай-оболочек МКЭ. // Вестник ТГУ. 2012. № 2. С. 145-154.
10. Цыкало В.А. Состояние причального фронта морских портов России. Наука и техника транспорта. 2005. № 2. С. 63-70.
11. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. 2010.
12. РД 31.31.55-93. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений. 1993.
13. СП 50-102-2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов. 2003.
14. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент. 1993.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА GEOSTUDIO
ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ОБВОДНЕННОГО ГРУНТОВОГО ОТКОСА

Вопрос оценки устойчивости откосов возникает при разработке котлованов, устройстве выемок и насыпей, а также возведения различных сооружений на склонах. Для оценки устойчивости грунтовых массивов сооружений и оснований используют методы, обусловленные относительной простотой их применения и, в большинстве случаев, скрытыми запасами устойчивости [1-3]. Значение коэффициента запаса устойчивости в этих методах определяется из условия равновесия тела обрушения в целом.

Цель данной работы заключается в сравнении двух методов при оценке устойчивости обводненного грунтового откоса: метода, предложенного в [4, 5], и метода Моргенштерна-Прайса, применяемого в программном комплексе GeoStudio 2018, в модуле SLOPE/W.

Графики линий критических значений параметров грунта для поверхностей обрушения, описанных функциями окружности и полинома третьей степени по методу, описанных в [4, 5], представлены на рисунках 1 и 2.

Основная идея расчета представленным методом – грунтовый массив приводится в предельное состояние путем изменения параметров прочности слагающих его грунтов. В расчет вводятся критические значения касательного напряжения, соответствующие предельному равновесию [5]:

$$\tau_k = f_k \sigma + C_k, \quad (1)$$

где σ – нормальное напряжение на какой-либо площадке гипотетической поверхности сдвига; $f_k = \operatorname{tg} \varphi_k$ и C_k – критические значения параметров прочности грунта, соответствующие предельному равновесию грунтового массива.

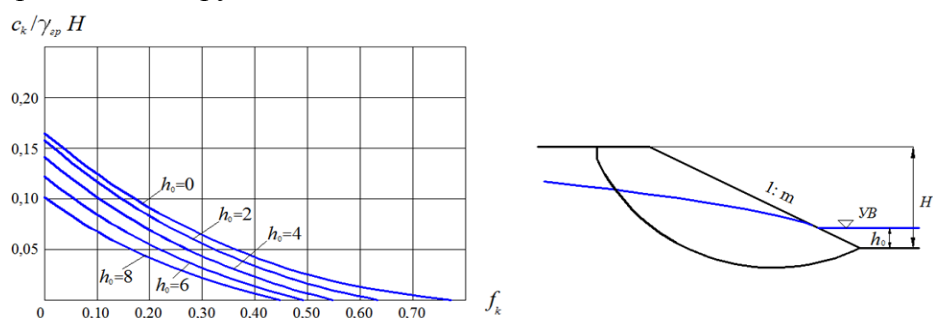


Рис. 1. Графики линий критических значений параметров грунта для поверхности скольжения, описанной функцией окружности [4]

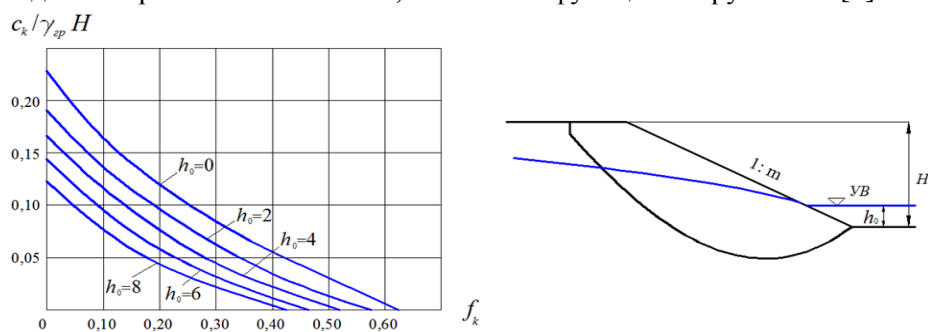


Рис. 2. Графики линий критических значений параметров грунта для поверхности сдвига, описанной полиномом третьей степени [4]

По теории прочности Кулона-Мора граничные условия по напряжениям и по углам наклона площадок сдвигов на поверхности обрушения зависят от критических значений параметров прочности грунта, задача решается итерационно с уточнением этих значений на каждом шаге [5].

При расчете в программном комплексе GeoStudio 2018, в модуле Slope/W была задана модель грунтового откоса котлована. Высота откоса H равна 10 м, уклон 1:2 (рис. 3).

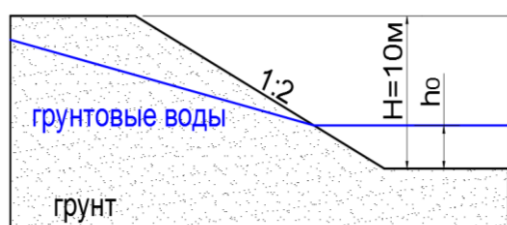


Рис. 3. Расчетная схема грунтового откоса

Было рассмотрено четыре варианта расчетных случаев, когда уровень воды в котловане h_0 был равен 0, 4, 6 и 8 м (рис. 4). Поверхность сдвигов описана функцией Half-Sine. Модель материала – модель Кулона-Мора, которая требует ввода удельного веса грунта $\gamma_{гр}$, кН/м³, угла внутреннего трения ϕ , град., и сцепления C , кПа. Меняя физико-механические параметры грунта, были получены различные коэффициенты запаса устойчивости, с помощью которых были получены критические значения параметров механической прочности грунта f_k и C_k :

$$K_3 = \frac{C}{C_{кр}} = \frac{f}{f_{кр}}, \quad (2)$$

где $f = \tan \phi$ – коэффициент внутреннего трения.

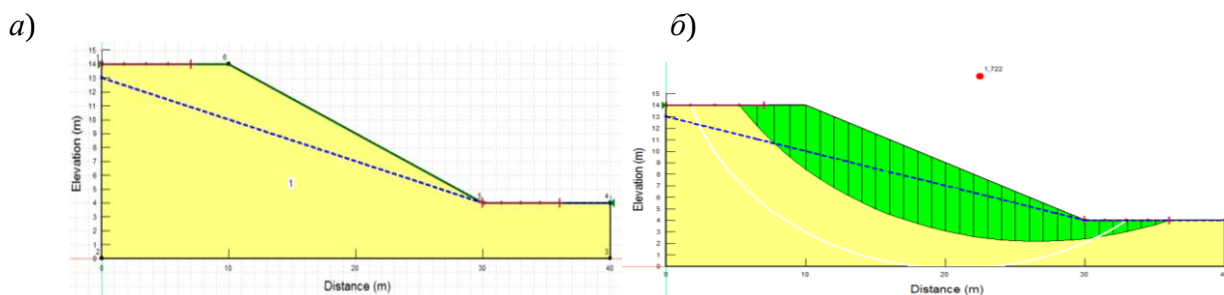


Рис. 4. Грунтовых откос:

а – расчетная схема для расчета в ПК GeoStudio, Slop/W при $h_0 = 0$ м;
б – полученная поверхность скольжения, описанная функцией Half-Sine

Для каждого случая заполнения котлована были построены графики линий критических значений параметров грунта для поверхности сдвигов f_k и C_k (рис. 5). Высота откоса H и удельный вес грунта $\gamma_{гр}$ линейно связаны с удельным сцеплением грунта C , поэтому для снижения числа параметров, влияющих на оценку устойчивости откоса, они были объединены в единый параметр $C_{кр}/\gamma_{гр} \cdot H$.

Полученные графики (рис. 1, 2, 5) имеют практическое значение: при оценке устойчивости сооружения из грунта на график наносится точка с координатами заданных параметров C и f – если точка лежит выше линии критических значений, то устойчивость откоса обеспечена, если ниже – не обеспечена. Попадание точки $A(C, f)$ между двумя линиями на графике (рис. 6) говорит о том, что при глубине воды в котловане $h_0 = 6$ м устойчивость откоса не обеспечивается, однако, если наполнить котлован водой до $h_0 = 8$ м, то откос уже будет устойчив. Помимо того, по данному графику можно определить коэффициент запаса устойчивости откоса (рис. 6).

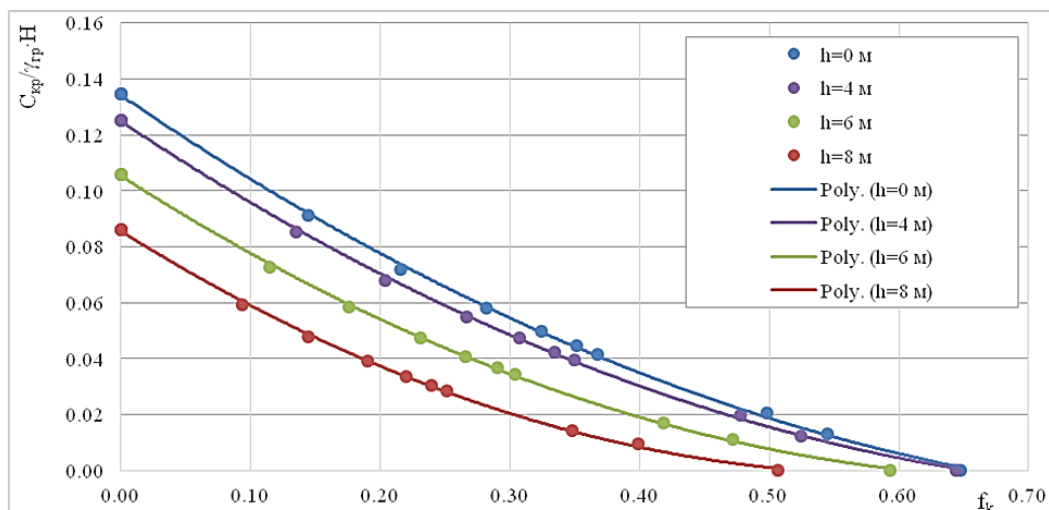


Рис. 5. Графики линий критических значений параметров грунта для поверхности скольжения, полученные с помощью ПК GeoStudio

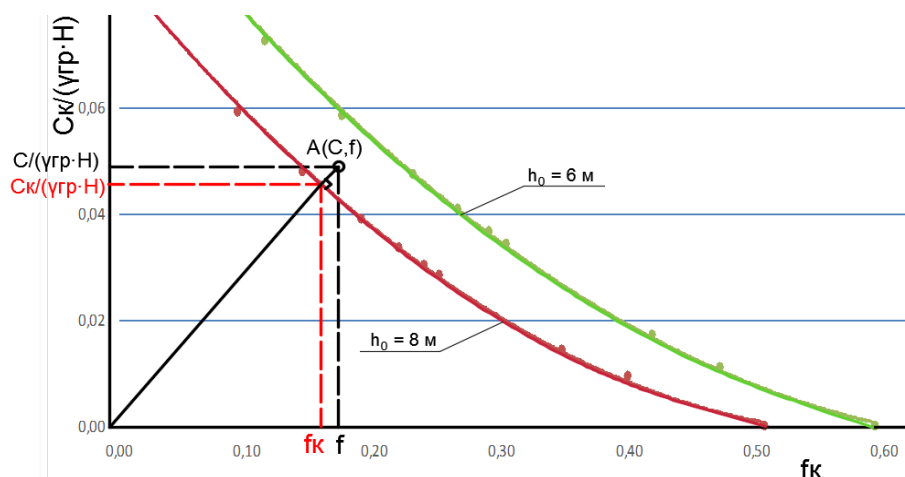


Рис. 6. К определению устойчивости откоса при заданных параметрах грунта C и f

Сравнив графики, представленные на рисунках 1, 2 и 5 можно отметить, что использование функции Half-Sine в методе Morgenштерна-Прайса в расчетах обводненных откосов увеличивает коэффициент запаса устойчивости по сравнению с методом [4] примерно на 15% для поверхности скольжения, описанной функцией окружности, и на 40% – для поверхности, описанной полиномом третьей степени. Разница в полученных результатах показывает, что в методе Morgenштерна-Прайса заложены скрытые запасы устойчивости за счет несоблюдения граничных условий и погрешностей расчетных предпосылок, связанных с раскрытием статической неопределенности задачи.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Крей Г. Теория давления земли и сопротивления грунтов нагрузке. М.–Л.: Госстройиздат, 1932. 218 с.
2. Терцаги К. Теория механики грунтов. М.: Госстройиздат, 1961. 507 с.
3. Федоров И.В. Методы расчета устойчивости склонов и откосов. М.: Госстройиздат, 1962. 317 с.
4. Бухарцев В.Н., Нгуен Х.Т. Применение вариационного метода к оценке устойчивости обводненных грунтовых откосов // Инженерно-строительный журнал. 2014. No 6 (50). С. 24-31.
5. Бухарцев В.Н., Нгуен Т.Х. Оценка устойчивости грунтовых массивов // Инженерно-строительный журнал. 2012. No 9 (35). С. 41-48.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ОБРУШЕНИЯ В ЗАДАЧЕ
НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НЕСКАЛЬНОГО ОСНОВАНИЯ

Предложен метод определения поверхности обрушения на нескальное основание массивного сооружения, основанный на условии прочности Мора.

Впервые задача о несущей способности грунтового основания при действии симметричной вертикальной нагрузки в условиях плоской задачи рассмотрена Л. Прандтлем [1]. В его исследовании профиль поверхности, ограничивающей тело обрушения, представлен двумя прямолинейными отрезками, соединенными между собой криволинейной вставкой. В методе Л. Прандтля грунт в пределах участка II считается невесомым.

В.Г. Березанцев предложил криволинейную вставку для весомого участка II очерчивать логарифмической спиралью [2]. В.Г. Федоровский выполнил обобщение метода Л. Прандтля, распространив решение задачи на многие практические приложения [3]. Решение К. Терцаги для невесомого грунта [4] вошло в нормативный документ [5].

Расчетная схема исследования, в котором профиль поверхности обрушения участка II представлен кривой, изображена на рисунке 1.

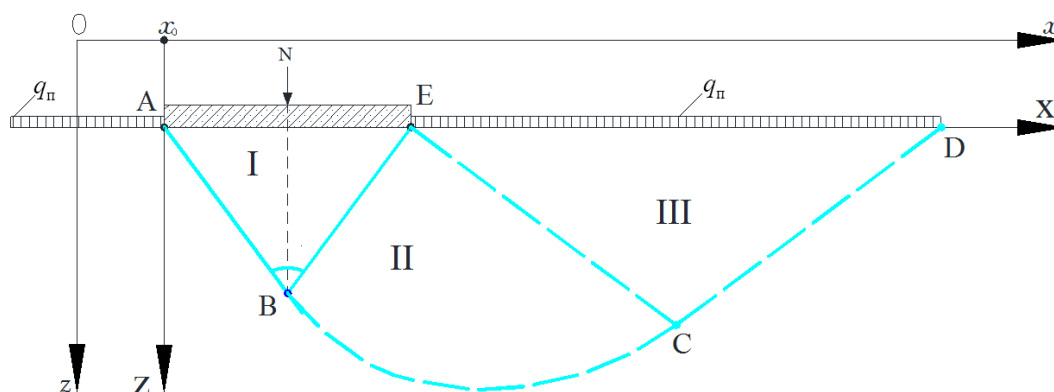


Рис. 1. Расчетная схема

В нормативном документе [5] профиль поверхности сдвигов на участке 2 рекомендуется описывать логарифмической спиралью (линия BC). В декартовой системе координат эта функция явно не выражается, что создает значительные вычислительные трудности при решении задач. Ниже анализируется возможность замены этой функции упомянутыми функциями, более удобными для выполнения расчетов. Рассмотрены две альтернативные функции, описывающие профиль поверхности сдвигов (поверхности выпора) на участке II в интервале $x \in [x_B; x_C]$:

$$Z = Z_B + Z'_B(x - x_B) + \frac{Z'_C - Z'_B}{2} \frac{(x - x_B)^2}{x_C - x_B}; \quad (1)$$

$$Z = Z_B + Z'_B(x - x_B) + \frac{(Z'_C - Z'_B - 3A_3)}{2} \frac{(x - x_B)^2}{x_C - x_B} + A_3 \frac{(x - x_B)^3}{(x_C - x_B)^2}. \quad (2)$$

где $X = \frac{x - x_A}{B}$, $Z = \frac{z - z_A}{B}$ – безразмерные координаты произвольной точки рассматриваемого профиля, $B = x_E - x_A$ – ширина подошвы сооружения, x_A, z_A – координаты начальной точки A в системе координат (xOz) с началом в произвольной точке. Индексы обозначают принадлежность координат соответствующим точкам профиля, штрихами здесь и далее обозначены производные по X .

Лишний параметр A_3 в выражении (2) вычисляется из условия достижения минимума несущей способности основания.

Логарифмическая спираль, рассматриваемая для сравнения, описывается выражением [6]:

$$R = R_B \exp [a(\theta - \theta_B)], \quad (3)$$

$$\text{где } \theta - \theta_B = \arctg \frac{(X_B - X_p)(Z - Z_p) - (Z_B - Z_p)(X - X_p)}{(Z_B - Z_p)(Z - Z_p) + (X_B - X_p)(X - X_p)}, \quad R_B = R(X_B),$$

$R = \sqrt{(X - X_p)^2 + (Z - Z_p)^2}$, a – числовой параметр, значение которого определяется граничным условием, X_p, Z_p – координаты полюса логарифмической спирали.

На участках I и III профиль поверхности сдвигов, отделяющей призму выпора от остальной части грунтового массива основания, определяется зависимостями [6]:

$$\begin{cases} Z = Z'_A X + \frac{Z_B - Z'_A X_B}{X_B^2} X^2, & X \in [0; X_B], \\ Z = Z_C + \frac{Z_D - Z_C}{X_D - X_C} (X - X_C), & X \in [X_C; X_D]. \end{cases} \quad (4)$$

Профили границ между участками I и II (ψ_I) и между участками II и III (ψ_{II}) в представленной на рисунке 1 системе координат описываются зависимостями [6]:

$$\psi_I = Z'_A \frac{(X - X_B)(1 - X)}{(1 - X_B)} + Z_B \left[1 - \frac{(X - X_B)}{(1 - X_B)} \right]^2, \quad X \in [X_B; 1], \quad (5)$$

$$\psi_{II} = Z'_A (X - 1) + [Z_C - Z'_A (X_C - 1)] \frac{(X - 1)^2}{(X_C - 1)^2}, \quad X \in [1; X_C]. \quad (6)$$

Кроме того, по условию прочности Мора в точке C , по аналогии с точкой B , должно выполняться граничное условие, связывающее наклоны площадок сдвигов, определяемые производными по X от функций ψ_{II} и Z ,

$$\arctg (\psi'_C) - \arctg (Z'_C) \mp \arctg f_k = \frac{\pi}{2}. \quad (7)$$

где $\psi'_C = [2Z_C / (X_C - 1) - Z'_A]$.

После преобразования выражения (7) получим:

$$Z_C = \frac{\mu f_k^2 - 1}{Z'_C + \mu f_k} (X_C - 1), \quad \mu = \pm 1. \quad (8)$$

Таким образом, имеются две не противоречащие теории прочности Мора функции ψ_{II-III} , соответствующие знаку перед третьим слагаемым в формуле (8).

Результаты расчетов, выполненных для $N = 2000$ ед, $B = 10$ м и $\gamma_{гр} = 18$ кН/м³, представлены на рисунках 2 и 3.

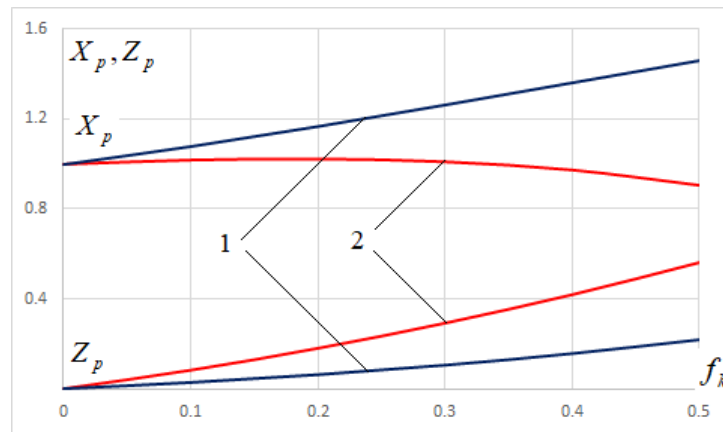


Рис. 2. Графики зависимостей $X_p(f_k)$ и $Z_p(f_k)$:
1 – для $\mu = -1$; 2 – для $\mu = 1$

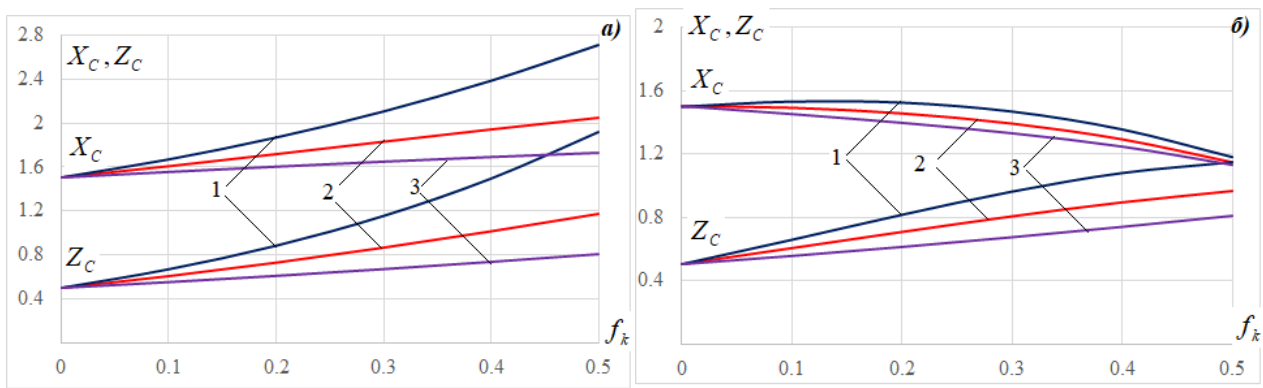


Рис. 3. Графики зависимостей $X_c(f_k)$ и $Z_c(f_k)$: а – для $\mu = -1$; б – для $\mu = 1$;
1 – по выражению (1), 2 – по выражению (3), 3 – по выражению (2)

Выводы:

1. Вследствие несоблюдения в рекомендациях нормативного документа [5] граничных условий в точке С, не сущая способность основания, как показывают расчеты, оказывается завышенной.
2. Расчетная схема, для которой $\mu = 1$ в выражении (8), может реализоваться в условиях неоднородного строения основания, поскольку при этой схеме происходит захват основания на меньшую глубину;
3. Полученные графики зависимостей $X_p(f_k)$, $Z_p(f_k)$, $X_c(f_k)$ и $Z_c(f_k)$ позволяют определить координаты точки С и полюса логарифмической спирали.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Prandtl L. Über die Harte plastischer Körper / L. Prandtl //Gottingen 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. СП 23.13330.2011. Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85.
6. Бухарцев В.Н., Фам Н.Т. Определение предельной вертикальной нагрузки на нескальное основание массивного сооружения//Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2017, том 283, С. 11-18.

РЕМОНТ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ШПУНТОВОЙ СТЕНКИ ПРИЧАЛА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕРМОКАМЕРЫ

Эффективность работы порта зависит от технического состояния гидротехнических сооружений (ГТС). Механическое воздействие волн, льда, судов, химическое воздействие воды, воздействие растительных и животных микроорганизмов влияет на техническое состояние конструкции. Металлические конструкции портовых ГТС, а именно стальные шпунтовые стенки, наиболее подвержены повреждениям в зоне переменного уровня воды. Незащищенная сталь в воде подвергается коррозии, которая может привести к ее повреждению, уменьшению поперечного сечения и, следовательно, снижению прочностных характеристик шпунтовых свай [1-7].

Для безаварийного использования ГТС с металлическими несущими конструкциями необходимо обеспечивать антикоррозионную защиту металла и своевременно проводить ремонтно-восстановительные работы.

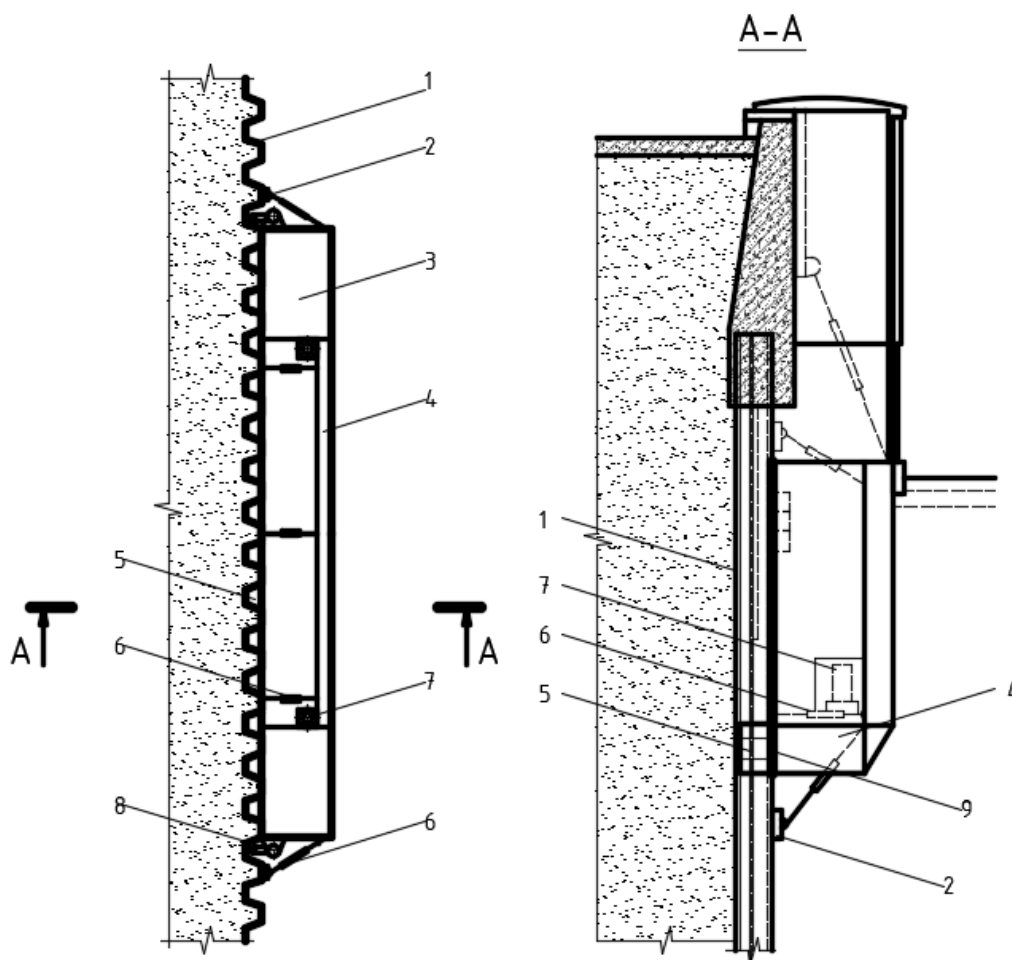


Рис. 1. Схема гермокамеры для шпунтовых стенок:
1 – шпунтовая стенка; 2 – обух; 3 – воздушный отсек;
4 – балластный отсек; 5 – герметизирующие элементы;
6 – талреп; 7 – погружной насос; 8 – фиксаторы
статического положения; 9 – уплотнительный контур

Ремонтно-восстановительные работы в подводной зоне металлических шпунтовых стенок возможно проводить с участием водолазов. Однако, время пребывания водолаза под водой на той или иной глубине ограничено, что влечет за собой увеличение количества персонала водолазных станций. Более того, во время водолазных работ причал невозможно использовать по назначению, так как акватория, прилегающая к месту проведения работ, закрыта для судоходства в соответствии с требованиями техники безопасности [8].

Подводно-технические работы требуют использования материалов и инструментов, учитывающих влияние водной среды, что увеличивает стоимость работ. Так, например, электроды для подводной сварки стоят в десять раз дороже обычных электродов для сварки на суше.

Использование гермокамеры при ремонте подводной части металлических шпунтовых стенок позволяет производить работы «насухо» в зоне переменного уровня воды без вывода сооружения из эксплуатации, исключая производство дорогостоящих подводно-технических работ.

Гермокамера состоит из каркаса с балластными, воздушными отсеками и уплотнительным контуром, насосных установок для откачки воды и герметизирующих элементов (рис. 1). Каркас выполнен открытым сверху и с лицевой стороны, примыкающей к шпунтовой стенке. Установка и раскрепление гермокамеры на месте работы происходит в несколько этапов.

На первом этапе водолазы устанавливают в пазы шпунтовой стенки герметизирующие элементы, тем самым выравнивая линию шпунтовой стенки и обеспечивая последующую герметичность рабочей зоны гермокамеры.

На втором этапе на шпунтовую стенку устанавливается каркас гермокамеры. К месту установки каркас доставляется, находясь на плаву за счет воздушных отсеков. При помощи балластных отсеков регулируется осадка и осуществляется перемещение каркаса при его установке. Далее каркас притягивается и прижимается к шпунтовой стенке при помощи талрепов и лебедок снаружи и внутри каркаса. Лебедки или талрепы крепятся с одной стороны на каркасе, с другой – к обухам, прикрепленным с помощью подводной электросварки к шпунтовой стенке. Через домкраты каркас упирается в оголовки причала [9].

На третьем этапе силами водолазов производится герметизация по уплотнительному контуру, после чего из рабочей зоны гермокамеры, образованной шпунтовой стенкой и каркасом, откачивается вода. После откачки воды каркас дополнительно прижимается к стенке гидростатическим давлением воды.

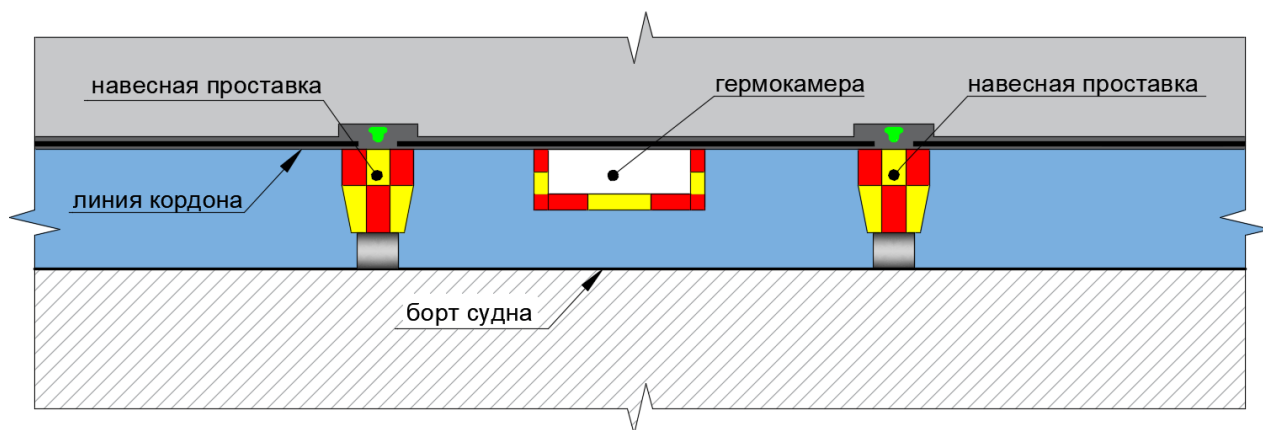


Рис. 2. Схема установки отбойных устройств с проставками при использовании гермокамеры

После завершения производства работ на одном участке причальной стенки рабочая зона гермокамеры заполняется водой, каркас освобождается от креплений к сооружению и буксируется к следующему месту установки. Далее циклы установки и демонтажа повторяются до тех пор, пока шпунтовая стенка на протяжении всего причала не будет отремонтирована.

Для швартовки судов у причала в период производства ремонтных работ с использованием гермокамеры используются специальные отбойные устройства с проставками (рис. 2).

Использование гермокамеры позволяет применять следующие технологии ремонта: защита многослойным полимерным покрытием; местное усиление разрушенных участков стальными накладками, защита многослойным полимерным покрытием; усиление монолитным железобетонным поясом с защитой поверхности бетона полимерцементным покрытием. Наряду с полимерными покрытиями для защиты от коррозии при всех типах дефектов рекомендуется использование протекторной защиты.

Для очистки поверхности шпунта от ржавчины, краски, биологических обрастаний и других наслоений применяется аппарат пескоструйной обработки. Сразу же после пескоструйной обработки на металлические элементы наносятся антикоррозионные составы. Загрязнение окружающей воздушной и водной среды продуктами пескоструйной обработки и отходами ядовитых полимерных покрытий практически отсутствует [10].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Сборник научных трудов: «Предотвращение аварий зданий и сооружений». 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. Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Олехнович Я.А., Ялышев А.И. Анализ дефектов причальных и берегоукрепительных сооружений по результатам обследований 2013 г. Материалы НПК с международным участием «XLII Неделя науки СПбГПУ». НОЦ «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе». СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2014. С. 85-88.
4. Малеванов К.А., Беляев Н.Д. Характерные повреждения причалов типа «больверк» и мероприятия по их устранению. XXXII Неделя науки СПбГПУ. Ч. I. Материалы межвузовской конференции. СПб.: СПбГПУ, 2004. С. 17-19.
5. 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.: Политехн., ун-т, 2006. Ч. I.
6. Пучков А.Л., Беляев Н.Д. Основные виды повреждений глубоководной достроечной набережной ОАО «Адмиралтейские верфи». XI Неделя науки СПбГПУ: Материалы международной НПК. Ч. I. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2011. С. 16-17.
7. Пучков А.Л., Беляев Н.Д. Сопоставление результатов двух обследований глубоководной достроечной набережной ОАО «Адмиралтейские верфи». XLI Неделя науки СПбГПУ: Материалы НПК с международным участием. Ч. I. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2012. С. 14-16.
8. ПОТ Р М-030-2007 Межотраслевые правила по охране труда при проведении водолазных работ.
9. Устройство для производства работ на подводных частях гидротехнических сооружений: пат. 2136812 Рос. Федерация: МПК E02B 1/00 E02B 7/50 / И.О. Алексеев; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ГТ ИНСПЕКТ» – № 98108467/13; заявл. 28.04.1998; опубл. 10.09.1999, Бюл. № 4. 4 с.
10. Алексеев И.О. Природоохранные технологии ремонта морских гидротехнических сооружений с применением гермокамер. СПб.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2001. 96 с.

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ КРЕПЛЕНИЯ ДНА ПЕРЕД ПРИЧАЛОМ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ РАЗМЫВОВ СУДОВЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ

Безопасная эксплуатация причалов предполагает учет факторов размыва донных грунтов перед сооружением от воздействия волнения, течения и движителей судов [1]. Размывы дна основания причальных стен, снижающие устойчивость причалов, недопустимы [2]. В связи с ростом интенсивности морских и речных перевозок, а также возрастанием мощности судовых силовых установок проблема размыва дна у причалов вследствие работы судовых движителей особа актуальна.

Для предотвращения размыва дна от действия волнения, течений и движителей судов на полосе вдоль сооружения необходимо предусматривать защиту [1]. Расчет крупности материала для крепления дна должен выполняться в соответствии с требованиями СП 38.13330.2012 [3], в котором приведена методика расчета при действии течения и волнения, но отсутствует методика расчета при действии потока от судовых движителей. Более того, в российских нормативных документах отсутствует методика расчета размывающей скорости для крепления дна крупными объектами, такими как габионы, геоматрацы, биг-бэги [4, 5].

Данные методики присутствуют в учебном пособии «Безопасность морских гидротехнических сооружений» [6].

Устойчивость крепления дна к размыву от воздействия струи движителей судна оценивается по следующему условию:

$$V_{f, \max} \leq V_{b, \text{adm}}, \quad (1)$$

где $V_{f, \max}$ – максимальная придонная скорость струи от движителя судна, м/с; $V_{b, \text{adm}}$ – предельная придонная скорость для крепления дна (неразмывающая скорость), м/с.

Для данной методики имеют место следующие допущения:

- рассматривается швартовный режим движения судна ($V_s \approx 0$), при котором влияние корпуса судна на струю, вызванную работой винта, мало, и распределение скоростей потока описывается более простой зависимостью;
- отсутствуют вязкостные эффекты;
- струя не вращается вокруг продольной оси;
- течение жидкости в струе – полностью однородное (ламинарное);
- струя не деформируется от столкновения с причалом [6, 7].

Максимальная придонная скорость струи от движителей расчетного судна определяется по формуле:

$$V_{f, \max} = k_1 V_0, \quad (2)$$

где k_1 – коэффициент снижения скорости потока по длине; V_0 – исходная скорость струи от вращения винта, м/с:

$$V_0 = 0,95 n D_p, \quad (3)$$

где n – частота вращения винта, об/с; D_p – диаметр винта, м.

Коэффициент k_1 определяется в зависимости от отношения расстояния от оси винта до дна к диаметру винта H_p / D_p и конструкции движительно-рулевого комплекса. В качестве типа движительно-рулевого комплекса принят комплекс с двумя винтами и одним рулем. Расстояние от оси винта до дна определяется по формуле:

$$H_p = C + H_k, \quad (4)$$

где C – запас воды под днищем судна, м; H_k – расстояние от днища судна до горизонтальной оси винта, м.

Местоположение возможной зоны размыва определяется по значениям расстояний от вертикальной оси винта от вероятного начала и конца зоны размыва, которые определяются по графику на рисунке 7.15 [6] в зависимости от отношения H_p / D_p .

Рассмотрим вариант расчета на примере причального сооружения в морском порту Сабетта. Причал выполнен в виде больверка с лицевой стенкой из металлических шпунтовых свай комбинированного профиля (HZ1080MA-12 и AZ28). Отметка низа шпунтовых свай HZ профиля – минус 21,0 м (в БСВ 77), AZ – минус 15,0 м. Проектная отметка дна перед причалом составляет минус 13,2 м.

В результате работы движителя судна для транспортировки модулей «Red Box» (рис. 2) и отсутствия крепления дна образовался участок местного размыва грунта. Переуглубление дна от проектной отметки достигало величины 2,2 м. Также при водолазном обследовании сооружения были выявлены обнажившийся низ шпунта AZ и выявлен вынос грунта засыпки причала с образованием полостей за лицевой шпунтовой стенкой.

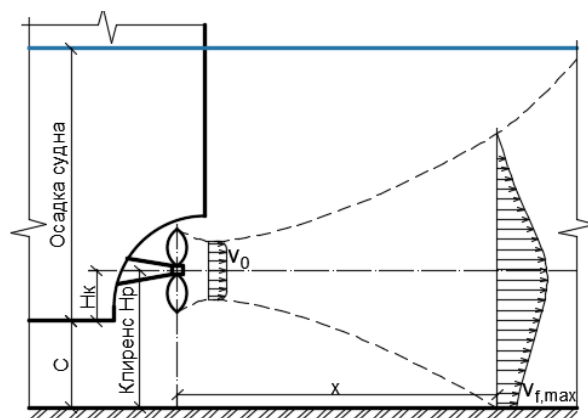


Рис. 1. Расчетная схема для определения придонной скорости



Рис. 2. Общий вид расчетного судна «Red Box»

В таблице 1 приведены характеристики судна «Red Box», необходимые для расчета.

Таблица 1

Характеристики расчетного судна

Наименование характеристики	Значение
Тип судна	Для транспортировки модулей «Red Box»
Наибольшая длина, м	206,3
Ширина, м	43,0
Осадка в грузу, м	8,0

Предварительно принят вариант ремонтного крепления дна с использованием биг-бэгов – пропиленовых контейнеров со стропами размерами 0,95×0,95×0,85 м (длина × ширина × высота) с заполнением щебня, массой 1,2 т.

Результаты расчетов максимальной придонной скорости при работе основного винта судна сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Расчет максимальной придонной скорости	
Наименование	Значение
Основной винт	
Диаметр винта D_p , м	5,4
Максимальная частота вращения винта n , об/с	100
Расстояние от оси винта до килля H_k , м	2,8
Расстояние от оси винта до дна (клиренс) H_p , м	9,1*
Определение максимальной донной скорости	
Исходная скорость струи V_0 , м/с	8,6
Соотношение H_p/D_p	1,7
Коэффициент k_2	от 5 до 18
Местоположение зоны возможных размывов x , м	от 27 до 97
Коэффициент k_1	0,49
Максимальная донная скорость $V_{f,max}$, м/с	4,2
Примечание. Значение со звездочкой (*) определено с учетом расчетной отметки верха уложенных на дно биг-бэгов (минус 14,6 м).	

Неразмывающая придонная скорость для конструкции крепления дна биг-бэгами определяется условно [6]. Биг-бэги условно рассматриваются как сферические элементы, несвязанные друг с другом, имеющие средний диаметр d_{50} равный 0,9 м. Неразмывающая скорость для таких элементов составляет примерно 4,7 м/с [6].

Подставляя полученные значения скоростей в условие (1), получим:

$$V_{f,max} = 4,2 \text{ м/с} \leq V_{b,adm} = 4,7 \text{ м/с}.$$

Условие (1) выполняется, следовательно, устойчивость ремонтного крепления дна в виде биг-бэгов обеспечивается. Однако, учитывая принятые в расчете допущения, рекомендуется связать отдельные биг-бэги между собой. Также для исключения опрокидывания крайнего ряда биг-бэгов во время отхода судна от причала рекомендуется закрепить их за шпунтовую стенку.

ЛИТЕРАТУРА:

1. РД 31.31.55-93 Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений.
2. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения.
3. СП 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*
4. Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С. и др. Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа. Инженерно-строительный журнал. №3, 2015, с.79-88.
5. Беляев Н.Д., Чугунова В.В. Анализ методов защиты от размывов у морских ГТС. XLII Неделя науки СПбГПУ. Материалы НПК с международным участием. НОЦ ВИЭ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2014. С. 80-83.
6. Альхименко А.И. и др. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб.: Изд-во «Лань», 2003. 288 с.
7. Беляев Н.Д. Инженерные методы предотвращения размыва дна от работы судовых движителей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. СПб.: СПбГПУ, 1999

**ВЛИЯНИЕ РАЗМЫВОВ КАМЕННОЙ ПОСТЕЛИ ГРАВИТАЦИОННОГО СООРУЖЕНИЯ
НА ЕГО БЕЗОПАСНУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ**

В связи с тем, что большинство причальных сооружений было построено в 70-х и 80-х годах прошлого века, их фактическое состояние вследствие морального устаревания и физического износа не удовлетворяет требованиям безопасной эксплуатации [1-3].

В качестве примера был рассмотрен причал, построенный в 1979 году в Ленинградской области и представляющего собой комбинированное сооружение, в состав которого входят участки из бетонных массивов правильной кладки, уложенных в три курса с монолитной железобетонной надстройкой. По результатам комплексного обследования были зафиксированы зазоры шириной до 8 см между массивами массивовой кладки и подмывы каменной постели на величину 1 м в тело причала (рис. 1).

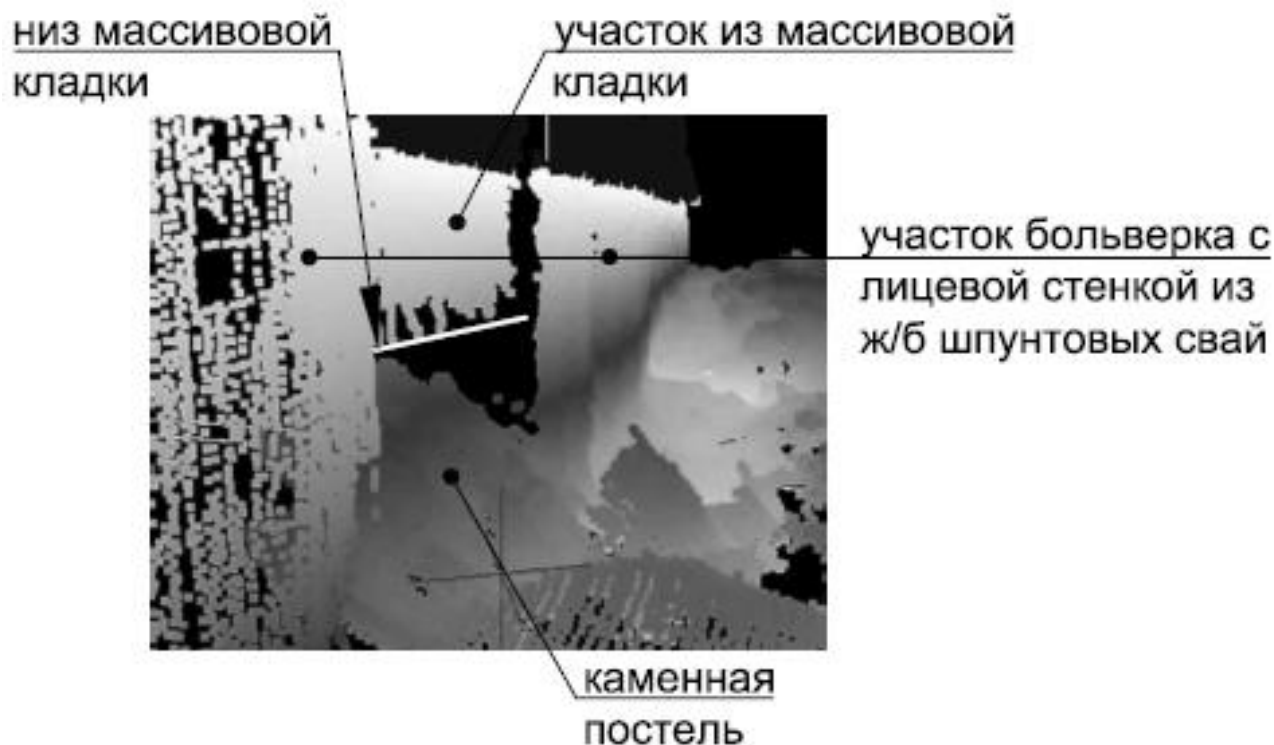


Рис. 1. Подмывы каменной постели на величину 1 м в тело причала
(съемка гидролокатором)

Разрез участка причала с указанием фактического дна и подмывов каменной постели приведен на рисунке 2.

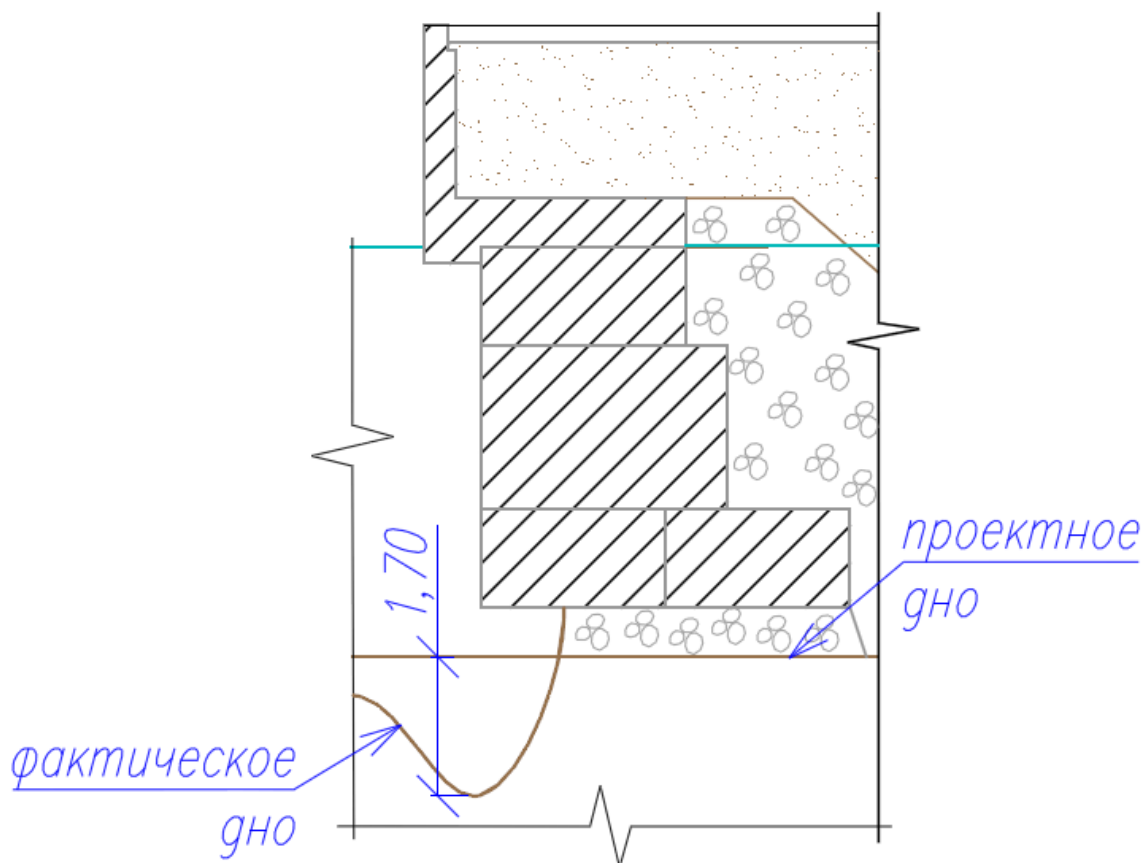


Рис. 2. Разрез участка причала с указанием фактического дна и подмывов каменной постели

В связи со значительными подмывами каменной постели необходимо было оценить устойчивость гравитационного участка причала [4, 5].

В общем случае для проверки устойчивости гравитационного сооружения выполняются следующие расчеты [6]:

- проверка на глубинный сдвиг по кругло-цилиндрическим или ломаным поверхностям скольжения;
- проверка на опрокидывание вокруг переднего ребра;
- проверка на плоский сдвиг по каменной постели;
- проверка достаточности размеров подошвы сооружения и каменной постели.

Проверка устойчивости на глубинный сдвиг была выполнена по кругло-цилиндрической поверхности скольжения (КЦПС), проходящей через точку наиболее вероятной потери устойчивости (тыловая грань подошвы стенки). Положение центра вращения наиболее опасной поверхности скольжения было определено по рекомендациям В. Филлениуса.

Проверка устойчивости на опрокидывание вокруг переднего ребра была выполнена путем сравнения опрокидывающих и удерживающих моментов от веса элементов конструкции, эксплуатационной нагрузки и вертикальной и горизонтальной составляющей активного давления грунта.

Проверка достаточности размеров подошвы сооружения и каменной постели была выполнена путем сравнения напряжений, возникающих в каменной постели, с допускаемыми.

Результаты выполненных расчетов сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты расчетов устойчивости

Параметр	Значение по результатам расчетов	Допускаемое значение
Коэффициент устойчивости по КЦПС	0,64	0,95
Устойчивость на опрокидывание вокруг точки подмыва, кНм	600	730
Плоский сдвиг по подошве, кН	150	326
Краевые напряжения на контакте каменной постели и подошвы сооружения, МПа	1,96	от 0,4 до 0,6

По результатам расчетов можно сделать вывод, что размыв каменной постели сооружения оказывает наибольшее влияние на краевые напряжения на контакте каменной постели (из-за значительного уменьшения ширины контакта) и подошвы сооружения и устойчивость сооружения по КЦПС. Условия прочности не выполняются даже для сооружения с нулевой эксплуатационной нагрузкой. Для дальнейшей безопасной эксплуатации необходимо восстановить проектный профиль каменной постели на участке гравитационного сооружения [7].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А.И. и др. Безопасность морских гидротехнических сооружений: Учебное пособие / Под ред. А.И. Альхименко. СПб.: Издательство «Лань», 2003. 288 с.
2. Малеванов К.А. и др. Сравнительный анализ технического состояния морских гидротехнических сооружений за пятилетний период эксплуатации. XXXIV неделя науки СПбГПУ. Материалы Всероссийской межвузовской НТК студентов и аспирантов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С. 3-4.
3. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
4. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Межвузовский сборник научных трудов. МГТУ, Магнитогорск, 2003. С. 34-39.
5. Альхименко А.И. и др. Гидротехнические сооружения морских портов. СПб: Изд-во «Лань», 2014. 427 с.
6. СП 23.13330.2011 Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85, 2011.
7. Беляев Н.Д., Чугунова В.В. Анализ методов защиты от размывов у морских ГТС. XLII Неделя науки СПбГПУ. Материалы НПК с международным участием. НОЦ ВИЭ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2014. С. 80-83.

УДК 627

М.В. Хрестьяновская, К.Г. Рагулин, А.Д. Кузина, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОПОСТАВЛЕНИЕ ВАРИАНТОВ РЕМОНТА ЗАЩИТЫ ДНА ОТ РАЗМЫВА ДВИЖИТЕЛЯМИ СУДОВ

Дефекты при строительстве, сроки эксплуатации причальных сооружений и стремление к увеличению расчетных судов ведут к изменению характера эксплуатации сооружения. В результате режима эксплуатации, не заложенного при проектировании сооружения, возникают дефекты дна и каменной постели причала: размывы, перемещение камней и, как следствие, изменяется напряженно-деформированное состояние конструктивных элементов сооружения, что при дальнейшем развитии дефектов приводит к аварийным ситуациям [1-3].

Увеличение размеров расчетного судна приводит к тому, что даже после проведения ремонтно-восстановительных работ и восстановления проектного профиля каменной постели, дефекты, вызванные работой движителей судов, проявляются снова, что приводит сооружение к неработоспособному состоянию и дополнительным затратам эксплуатирующей организации на ежегодный ремонт [4, 5].

В качестве примера был рассмотрен причал, построенный в 2009 году и представляющий собой набережную-стенку гравитационного типа из металлических оболочек диаметром 8,0 м, установленных на каменную постель. Каменная постель выполнена из камня массой от 15 до 100 кг.

По результатам комплексного обследования, проведенного в 2014 году, были обнаружены размывы каменной постели и подмывы с образованием ниш под оболочкой на глубину до 0,9 м и пазух на глубину до 1,0 м. Техническое состояние сооружения было оценено как неработоспособное.

В 2015 году были проведены ремонтно-восстановительные работы по устранению дефектов каменной постели. Комплексное обследование в том же году зафиксировало отсутствие каких-либо дефектов каменной постели.

По результатам комплексного обследования, проведенного в 2017 году, были вновь обнаружены вымоины и оползни каменной постели величиной до 0,5 м. Фактические и проектные профили приведены на рис. 1.

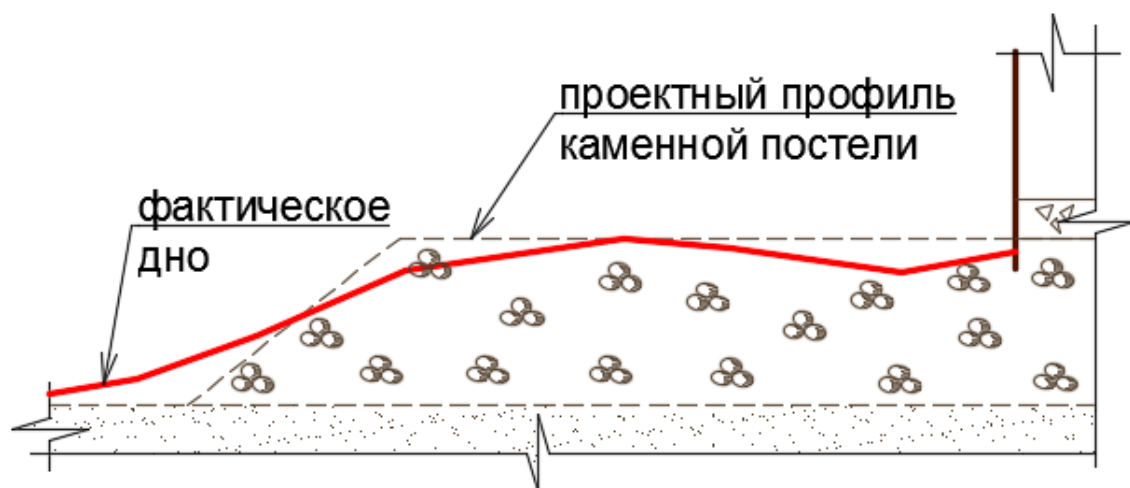


Рис. 1. Фактический и проектный профиль каменной постели причала

В результате выполненных расчетов по оценке размывающего воздействия от движителей расчетных судов, был сделан вывод, что для дальнейшей безаварийной эксплуатации причала необходимо выполнить крепление дна поверх каменной постели.

В качестве конструкции крепления дна было предложено рассмотреть следующие варианты [6, 7]:

- крепление габионами или железобетонными плитами с бетонированием полосы вдоль основания оболочек и анкерровкой габионов или плит между собой для образования единой конструкции (рис. 2);
- укладка камня массой не менее 100 кг поверх выровненной каменной постели через георешетку (рис. 3);
- подводное цементирование (рис. 4).

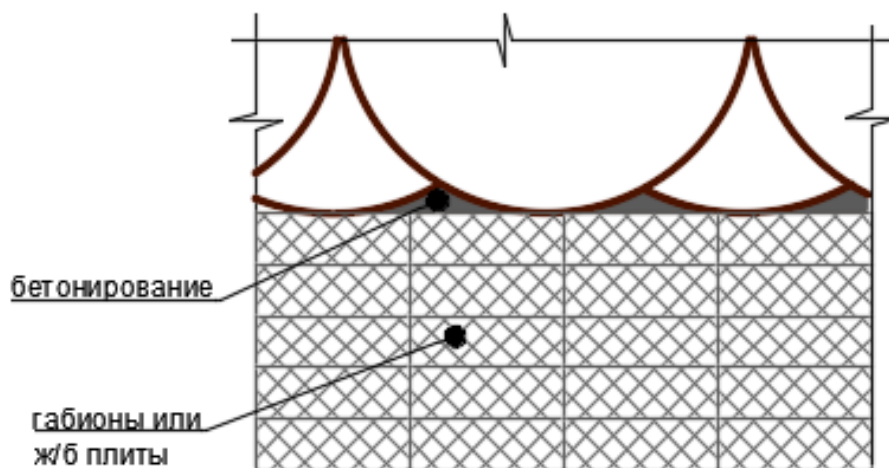


Рис. 2. Принципиальная схема крепления дна габионами или ж/б плитами

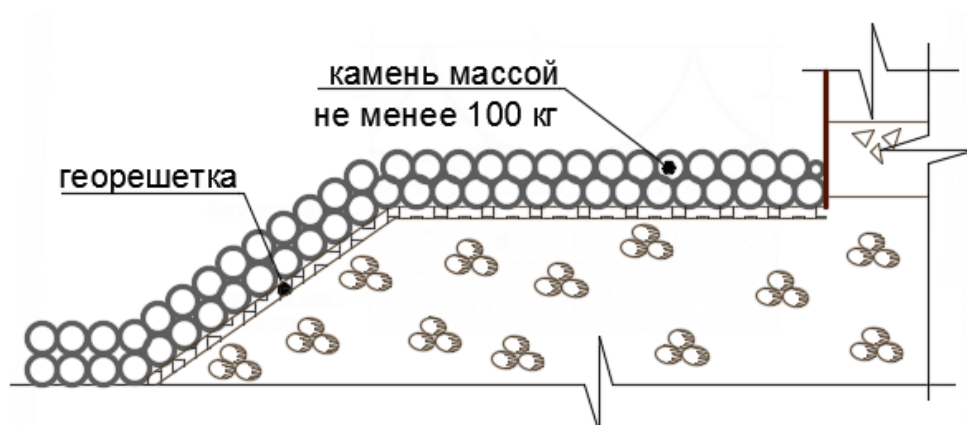


Рис. 3. Принципиальная схема крепления дна камнями массой не менее 100 кг поверх каменной постели с георешеткой

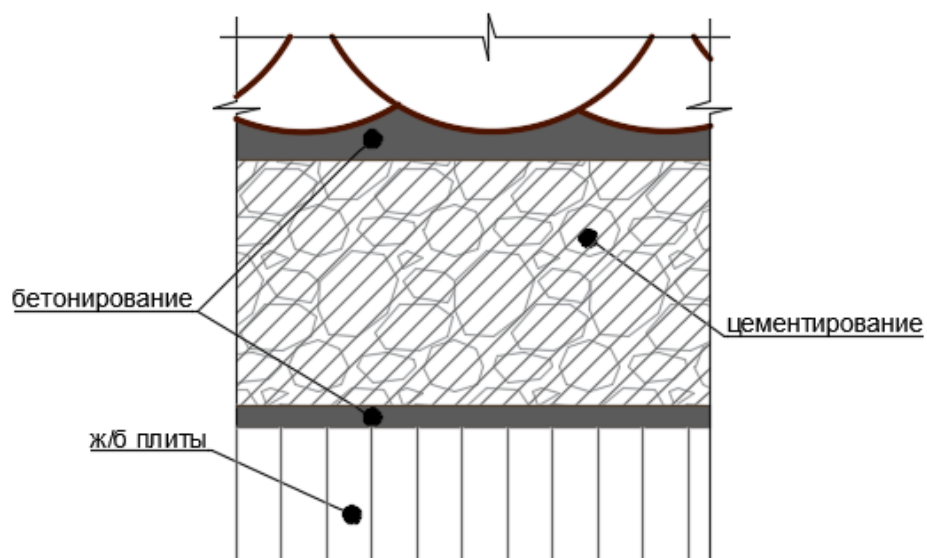


Рис. 4. Принципиальная схема крепления дна цементованием каменной постели

В результате рассмотрения предложенных вариантов выявились существенные недостатки варианта № 2 и № 3.

При укладке крупных камней требуется соблюсти ее равномерность. Для этого после первичной укладки необходимо с помощью водолазной станции выставить «маячки» в местах, где камни отсутствуют, и снова выполнить укладку.

При подводном цементировании необходимо предусмотреть опалубку, что технически сложно осуществить при подводных работах. Также необходимо проследить за равномерностью распределения цементного раствора. Подводное цементирование постели представляется очень сложной технической и дорогой по осуществлению идеей.

Таким образом, для защиты каменной постели от размывов струей воды от движителей судов, рекомендуется выполнить крепления дна посредством укладки габионов или железобетонных плит с бетонированием полосы вдоль основания оболочек и анкерровкой габионов (плит) между собой для создания единой конструкции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Альхименко А.И. и др. Безопасность морских гидротехнических сооружений / Под ред. А.И. Альхименко. СПб.: Издательство «Лань», 2003. 288 с.
2. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Межвузовский сборник научных трудов. МГТУ. Магнитогорск, 2003. С. 34-39.
3. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
4. Belyaev N.D. Review of protection methods against propeller erosion. Proceedings of IV international seminar on renovation and improvements to existing quay structures, 1997. Pp. 5-12.
5. Беляев Н.Д. Инженерные методы предотвращения размыва дна от работы судовых движителей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / СПбГПУ, СПб, 1999.
6. Выбор мероприятий по защите от размыва оснований гравитационных платформ для освоения шельфа / Н.Д. Беляев [и др.] // Инженерно-строительный журнал. СПб., 2015. № 3 (55).
7. Беляев Н.Д., Чугунова В.В. Анализ методов защиты от размывов у морских ГТС. XLII Неделя науки СПбГПУ. Материалы НПК с международным участием. НОЦ ВИЭ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 80-83.

УДК 627

Е.В. Шонина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПРИЧАЛЬНОЙ СТЕНКИ ПРИ РАСЧЕТЕ В SCAD

Строительство крупных портов ведется с перспективой обработки судов с большой осадкой. Как следствие требуется увеличение глубины у причала, которое приводит к повышению нагрузок на причальную стенку. В первую очередь увеличиваются воздействия от судов и нагрузки от бокового давления грунта.

В настоящее время самым распространенным способом разгрузки больверка стало экранирование рядом свай со стороны засыпки [1, 2]. Такое решение позволило выполнять строительство причалов на больших глубинах даже при слабых грунтах основания. В результате исследований была разработана конструкция экранированного больверка для глубин до 25 м и расчетная методика, учитывающая взаимодействие сооружения с грунтом засыпки: экранирующие сваи воспринимают часть распорного давления грунта. К основным преимуществам больверка с экраном из ряда свай следует отнести относительно небольшую глубину забивки свай, снижение анкерного усилия и изгибающих моментов в стенке [3]. В тоже время конструкция, в отличие от одноанкерного больверка, имеет более сложную

расчетную схему за счет дополнительных элементов. В ряде случаев это может привести к усложнению производства работ и удорожанию сооружения. Но в целом применение таких конструкций обходится дешевле возведения причалов свайного или гравитационного типа.

В качестве эффективного мероприятия по снижению нагрузок на причал предлагается разработка конструкции причальной стенки с пониженной анкеровкой, которая позволит уменьшить значение изгибающего момента.

Для сравнения внутренних усилий в стенке был произведен расчет в программном комплексе SCAD для обоих конструктивных решений. Для этого установлены предварительные габариты сооружения, определены горизонтальные и вертикальные нагрузки, заданы коэффициенты постели.

Статический расчет произведен на основное сочетание нагрузок, включающее в себя:

- собственный вес сооружения;
- эксплуатационную нагрузку;
- нагрузку от судов;
- боковое давление грунта.

Особое внимание уделяется подсчету бокового давления грунта.

В случае с экранированным больверком за счет внутреннего трения грунта и трения грунта о сваи в плане образуются грунтовые своды, воспринимающие боковое давление грунта, расположенного позади них. Таким образом, на шпунтовую стенку действует в полной мере только давление грунта, находящегося между самой стенкой и грунтовыми сводами ближайшего продольного ряда свай [4, 5].

При расчете конструкции с пониженной анкеровкой выполняется предварительное построение эпюр активного и пассивного давления. Далее производится корректировка эпюры активного давления грунта на стенку с учетом очертания эпюры M , полученной из первого этапа расчета [6].

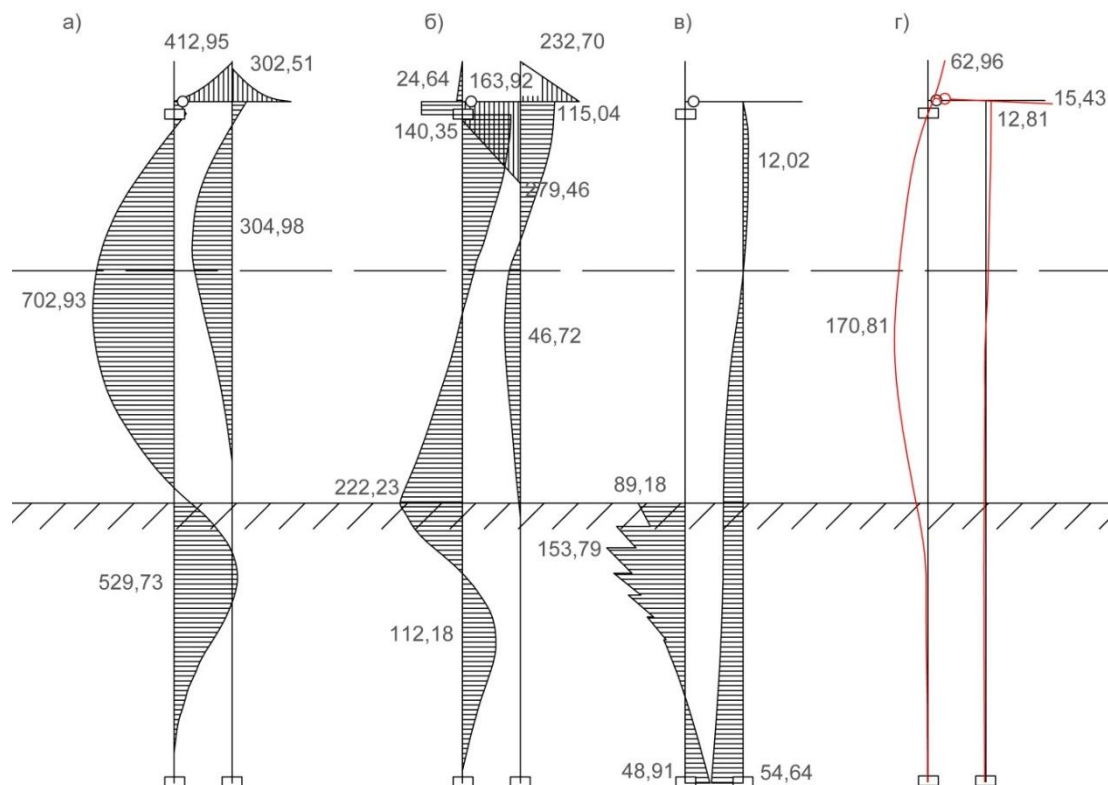


Рис. 1. Результаты расчета первой расчетной схемы:
а – эпюра M ; б – эпюра Q ; в – эпюра R ; г – эпюра смещений

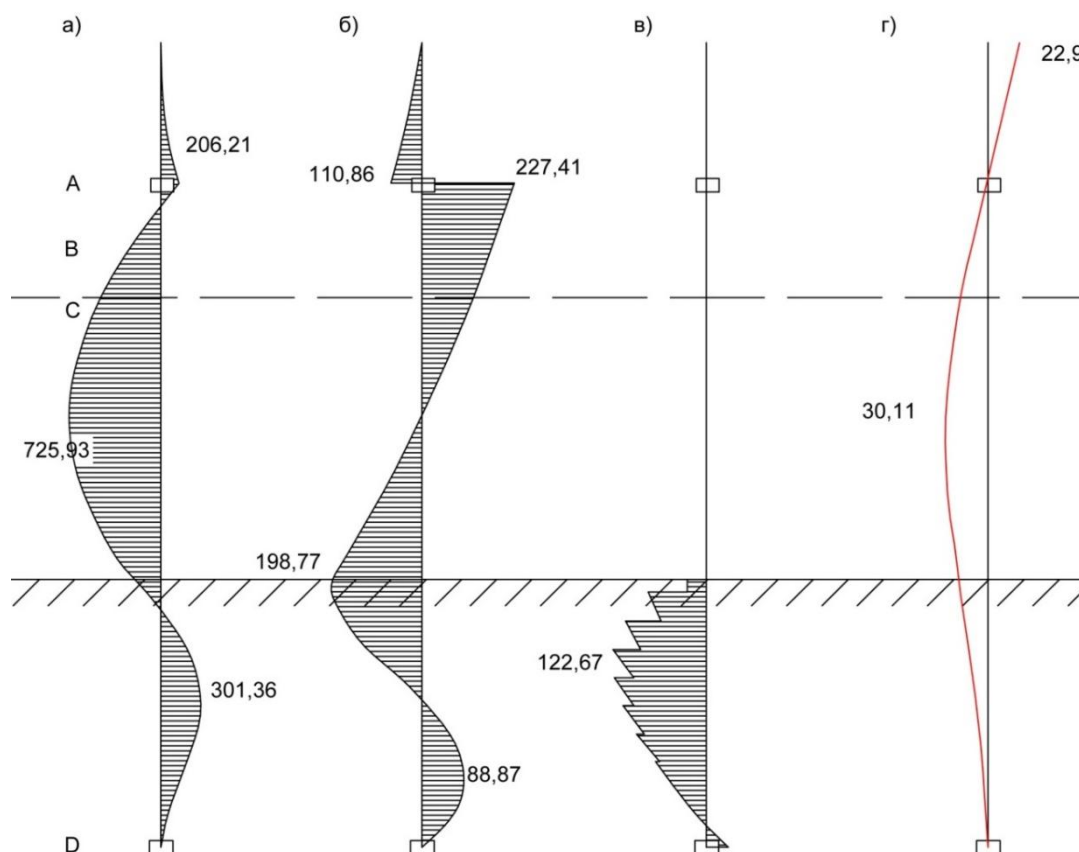


Рис. 1. Результаты расчета второй расчетной схемы:
а – эпюра M ; б – эпюра Q ; в – эпюра R ; г – эпюра смещений

Эпюры внутренних усилий для первого и второго варианта конструкций представлены на рисунках 1, 2. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при заданной отметке дна у причала -16.0 м обе конструкции удовлетворяют первому и второму предельным состояниям. Следовательно, предлагаемая конструкция с пониженной анкеровкой может стать альтернативным методом возведения причальных набережных, выдерживающих большие нагрузки. Понижением места крепления анкера можно уменьшить глубину забивки шпунта на 30-40%, общую глубину шпунта на 12-20%, а изгибающие моменты в стенке в два раза. Таким образом, предполагаемый результат позволит снизить стоимость возведения причала за счет экономии на используемом металле от 20 до 40% [7].

Данные преимущества во многом зависят от конструкции узла соединения анкера с лицевой стенкой. Поэтому при проектировании причалов данного типа особое внимание следует уделить устройству крепления анкера и способу производства работ по его монтажу без использования труда водолазов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Колгушкин А.В., Беляев Н.Д. Влияние природных факторов на скорость коррозии морских ГТС. Сборник научных трудов «Предотвращение аварий зданий и сооружений». Москва, 2009. С. 216-227.
2. Цыкало В.А. Состояние причального фронта морских портов России // Наука и техника транспорта. 2005. №2. С. 63-70.
3. Абрамов Д.С. Экранированные больверки: исторический обзор, исследования, конкурентоспособность конструкции и особенности методики расчета // Гидротехника. 2013. №1 (30) с. 60-65.
4. Коровкин В.С. Обобщенный расчет тонких подпорных стенок // Наука в современном мире. Сборник статей международной научной конференции под ред. В.В.Растоскуева. О.Е.Грибовой, И.В.Некрасовой. 2016.

5. Абрамов Д.С. Методы расчета шпунтовых стен. Развитие способов расчета экранированных стен Гидротехника. 2013. № 2(31) с. 42-49.
6. Коровкин В.С. Инженерно-кинематическая теория контактного давления грунта и ее приложение к статическому расчету тонких стенок. Инженерно-строительный журнал, № 6 (41) 2013, стр. 40-52.
7. Дуброва Г.А. Методы облегчения и удешевления гидротехнических сооружений. М.: Речной транспорт, 1959. 340 с.

УДК 627.23

А.В. Курышева, И.А. Маколин, Д.С. Семенов, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

УВЕЛИЧЕНИЕ РАЗМЕРОВ ТЕТРАПОДОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Цель работы – обоснование необходимости расширения области применения отечественного нормативного документа ГОСТ 20458-2016 «Тетраподы для берегозащитных и оградительных сооружений».

Берегоукрепительные, оградительные и шельфовые сооружения подвергаются воздействию значительных волновых нагрузок. Вблизи них развиваются интенсивные донные потоки, которые могут размывать основание, повреждать каменные постели и даже вызывать аварии сооружений. Поэтому нередко требуется устройство специальной защиты естественных оснований от размыва [1-4].

Оградительные сооружения из фасонных бетонных блоков широко используются в России и за рубежом. Особенно часто они находят применение для ограждения акваторий, в которых крайне нежелательно большое количество отраженных волн [5].

Самыми распространенными являются тетраподы, они представляют собой изделие в виде фигурных блоков, предназначенных для берегозащитных и оградительных сооружений. Основными задачами тетрапода являются защита берега от стихий, укрепление речных и морских прибрежных участков и защита сооружений для предупреждения их эрозии, а также – преломление волн и ледяного покрова. По сравнению с обыкновенными массивами они хорошо сцепляются друг с другом, что позволяет создавать более крутые откосы набросок, уменьшать высоту наката волн и всплесков [6].

В отечественном нормативном документе (табл. 1, рис. 1) [7] приводятся следующие массогабаритные характеристики.

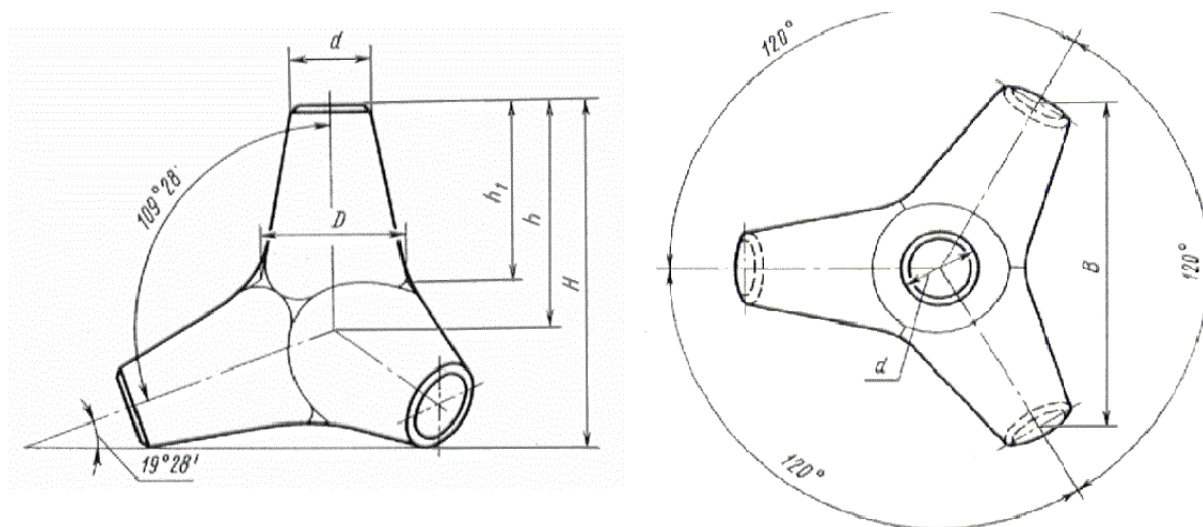


Рис. 1. Основные размеры тетрапода по ГОСТ 20425-2016

Таблица 1

Марки и основные размеры тетраподов по ГОСТ 20425-2016

Марка	Высота H , см	Расстояние h , см	Высота h_1 , см	Диаметр D , см	Диаметр d , см	Ширина B , см	Вес, т	Объем бетона, м ³
T-1.5	134	88	57	65	38	144	1,5	0,625
T-3.0	170	112	85	78	46	183	3,0	1,213
T-5.0	207	138	105	94	50	225	5,0	2,185
T-7.8	235	156	120	105	60	255	7,8	3,146
T-13	279	180	140	128	70	294	13	5,200
T-20	310	202	150	148	88	330	20	7,570
T-25	335	218	163	159	95	356	25	9,480

В ряде случаев масса тетраподов, приведенная в этом нормативном документе, оказывается недостаточной. Как показали экспериментальные исследования [8] соблюдение рекомендаций нормативных документов не всегда обеспечивает устойчивость волнозащитных набросок в корневых частях портовых молов: при значительных глубинах перед откосными укреплениями в корневых частях портовых молов и косом подходе волн к ним имеют место значительные волновые воздействия на эти участки. При этом для обеспечения устойчивости элементов волногасящих набросок необходимо существенно увеличивать их массу по сравнению с расчетной по нормативным документам. Также большие размеры фасонных блоков могут потребоваться и в связи со сложным рельефом дна.

Другими исследованиями [9] было показано, что при увеличении массы тетраподов в оградительном сооружении уменьшаются нагрузки, появляющиеся при переливе волны через гребень сооружения.

В качестве аналога можно использовать японский стандарт (табл. 2, рис. 2) [10], в котором представлены тетраподы больших размеров.

Таблица 2

Марки и размеры тетраподов по японским стандартам

Марка	Масса, т	Вес, кН	Объем, м ³	Площадь опалубки, м ²	h , мм	d , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	S , мм	$2r$, мм	$2r'$, мм	l , мм
0,5	0,46	4,51	0,2	2,18	900	967	587	380	1075	198	270	747
1,0	0,92	9,02	0,4	3,44	1130	1214	738	476	1350	248	338	937
2,0	1,84	18,04	0,8	5,42	1420	1526	927	599	1696	312	426	1178
3,2	2,88	28,24	1,25	7,32	1650	1773	1077	696	1971	362	494	1369
4,0	3,68	36,09	1,6	8,62	1790	1924	1169	755	2139	392	536	1485
5,0	4,60	45,11	2,0	10,00	1930	2074	1260	814	2306	424	578	1601
6,3	5,75	56,39	2,5	11,58	2075	2230	1355	875	2479	456	622	1722
8,0	7,36	72,18	3,2	13,74	2260	2429	1476	953	2700	496	678	1875
10,0	9,20	90,22	4,0	15,88	2430	2612	1587	1025	2903	534	728	2016
12,5	11,50	112,78	5,0	18,46	2620	2816	1711	1105	3130	576	786	2174
16,0	14,49	142,10	6,3	21,54	2830	3042	1848	1194	3381	622	848	2348
20,0	18,40	180,44	8,0	25,19	3060	3289	1998	1291	3656	672	918	2539
25,0	23,00	225,55	10,0	29,29	3300	3547	2155	1392	3943	726	990	2739
32,0	28,75	281,94	12,5	33,90	3550	3816	2318	1498	4242	780	1064	2946
40,0	37,03	363,14	16,1	40,08	3860	4149	2520	1629	4612	848	1158	3203
50,0	46,00	451,11	20,0	46,44	4155	4466	2713	1753	4965	914	1246	3448
64,0	58,88	577,42	25,6	54,59	4505	4842	2941	1901	5383	990	1350	3739
80,0	80,50	789,44	35,0	67,25	5000	5375	3265	2110	5975	1100	1500	4150

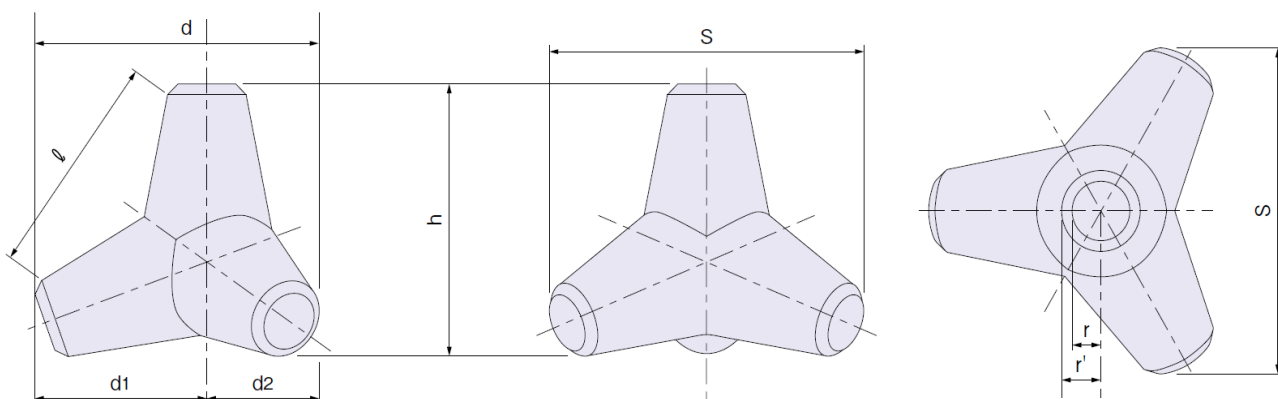


Рис. 2. Основные размеры тетрапода по японским стандартам

В России одной из наиболее сейсмоопасных зон является дно Тихого океана в районе Алеутского и Курило-Камчатского желобов, и как следствие, там существует высокая опасность возникновения цунами. Так, например, в 1952 году волна цунами практически полностью смыла город Северо-Курильск на острове Парамушир [11].

При подборе крупности защитных элементов в соответствии с отечественными стандартами невозможно противостоять внешним воздействиям сопоставимого уровня, и поэтому велика вероятность разрушения оградительных сооружений. Необходимо откорректировать Российские нормативные документы с увеличением размеров и массы защитных элементов, за основу при этом можно принять стандарты Японии, где подобные условия являются не редкостью, и предусмотрены возможности борьбы с ними.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Балашов Б.В., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Тазеев Т.А. Мониторинг насыпной дамбы, возводимой в МТП Усть-Луга на слабом основании. Инженерно-строительный журнал. 2012. № 4(30). С. 10-16.
2. Беляев Н.Д., Лебедев В.В., Нуднер И.С. и др. Экспериментальные исследования воздействия волн типа цунами на грунт у оснований морских гравитационных платформ. Инженерно-строительный журнал. 2014. № 6 (50). С. 4-12.
3. Беляев Н.Д., Чугунова В.В. Анализ методов защиты от размывов у морских ГТС. XLII Неделя науки СПбГПУ. Материалы НПК с международным участием. НОЦ ВИЭ. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 80-83.
4. Словарь морских терминов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.korabel.ru/dictionary/detail/1122.html>
5. Concrete armour units for rubble mound breakwaters and sea walls – recent progress [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://eprints.hrwallingford.co.uk/1158/1/SR100.pdf>
6. Исанин Н.Н. Морской энциклопедический справочник? том 2, Л.: Судостроение, 1987, 521 с.
7. ГОСТ 20425-2016. Тетраподы для берегозащитных и оградительных сооружений. М.: Стандартиформ, 2016, 6 с.
8. Макаров К.Н., Чеботарев А.Г. Волнозащитные наброски в корневых частях портовых молов // Инженерно-строительный журнал. 2015. №3(55). С. 67–78
9. Park S.K., Dodaran A.A., Han C.S., Shahmirzadi M.E.M. Effects of vertical wall and tetrapod weights on wave overtopping in rubble mound breakwaters under irregular wave conditions. Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng. (2014) V. 6. Pp. 947-964.
10. Размеры тетраподов компании Fudotetra [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.fudotetra.co.jp/products/images/tetrapod_fig03.pdf
11. Цунами в России – крупнейшие в истории [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chuchotezvous.ru/natural-disasters/826.html>

СРАВНЕНИЕ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ОБОЛОЧЕК БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА И МАССИВОВ-ГИГАНТОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Для защиты акваторий от действий волн требуются оградительные сооружения – молы и волноломы различной конструкции [1, 2, 6].

В данной статье рассматриваются два варианта конструктивных решений (рис. 1, 2).

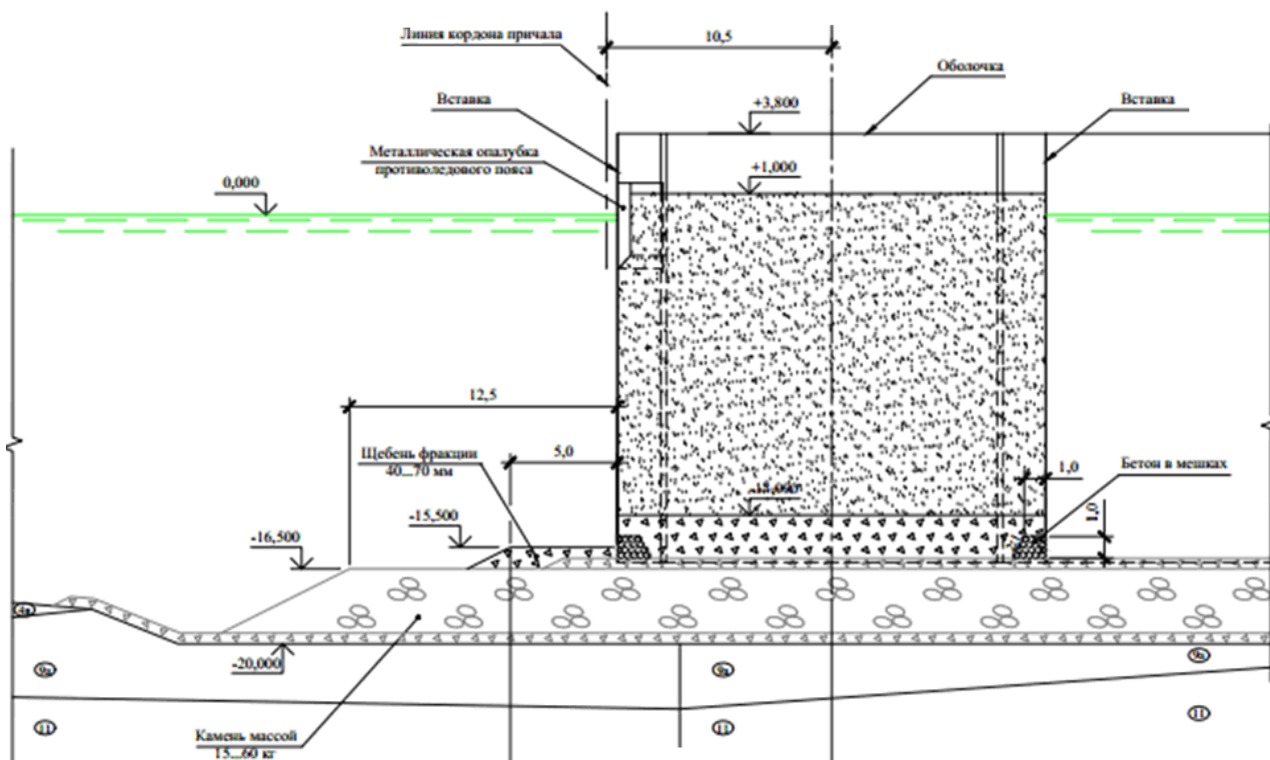


Рис. 1. Оболочка большого диаметра (ОБД). Обратная засыпка не показана

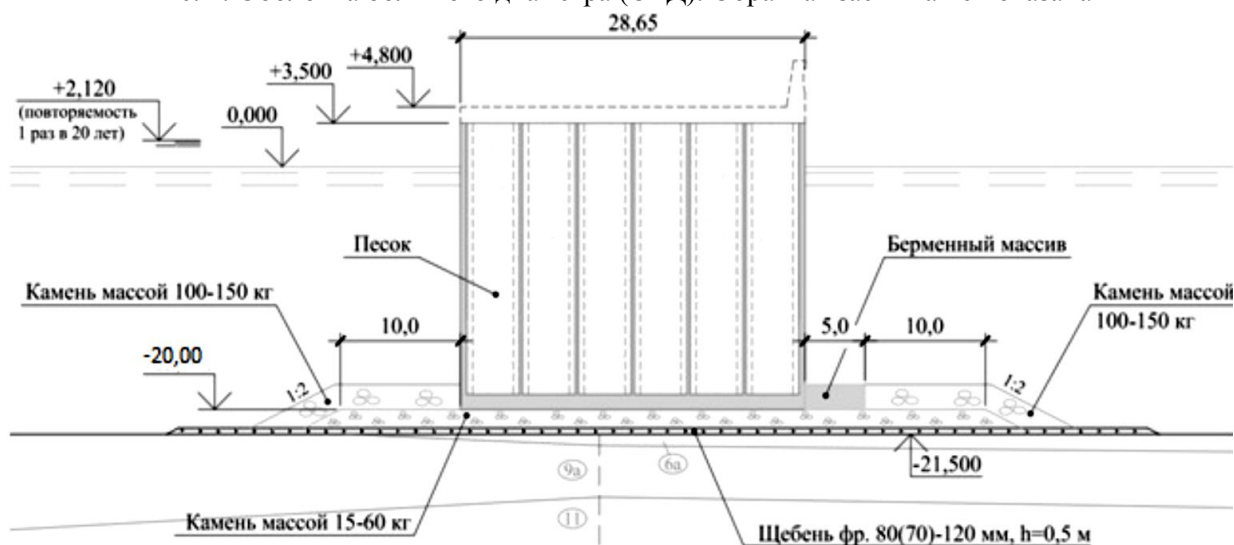


Рис. 2. Массив-гигант (МГ)

Естественные отметки дна на акватории залива в районе строительства оградительного сооружения составляют минус 10...13 м БСВ. До начала строительства слабые грунты в основании сооружений удалены до отметки минус 20,0 м. Основанием сооружения является пылеватый плотный песок мощностью 4,5 м на скальном основании.

Определяющими видами воздействия является морское волнение, швартовные нагрузки от плавучего средства, нагрузки ото льда.

Рассматриваемое оградительное сооружение из ОБД по расчетно-конструктивному типу относится к гравитационным сооружениям вертикального профиля. Ядро сооружения образовано металлическими оболочками большого диаметра, установленными вдоль кордона. Между собой оболочки соединены вставками их изогнутых стальных листов. Все оболочки установлены на каменную постель. Оболочки и пространство между ними засыпаны крупнозернистым песком (см. рис. 1).

Необходимо отметить, что волновые и швартовные нагрузки не могут действовать одновременно. Швартовные нагрузки возникают при отжимном ветре, при котором волнение на операционной акватории не возникает. С учётом этого, для эксплуатационного периода рассматривается сочетание нагрузок: постоянные нагрузки от собственного веса и давления грунта засыпки, кратковременное волновое воздействие (высота волны 2,5 м, длина 46 м) при подошве волны у кордона со стороны операционной акватории, временные равномерно распределённые вертикальные нагрузки на территории терминала (расчетное значение 48 кПа).

Критерием устойчивости сооружения на сдвиг, являются условия, приведенные в СП 38.13330.2012 [3, 4]. Коэффициент устойчивости k_s определен на основе графика зависимости между коэффициентом постепенного понижения прочностных характеристик грунта, R_0/R (отношение начальной прочности грунта к пониженной прочности), и сдвиговыми перемещениями сооружения, рис. 3, а. Когда понижение прочности грунта достигает предельного значения, то отношение R_0/R равняется коэффициенту устойчивости k_s . При этом несущая способность грунтового основания полностью исчерпана.

Таблица 1

Коэффициенты общей устойчивости сооружения совместно с грунтовым основанием

Сочетание нагрузок и условия работы сооружения	Коэффициенты устойчивости	
	Фактический	Нормативный
Постоянные нагрузки от собственного веса и давления грунта, кратковременное волновое воздействие (высота волны 3,2 м, длина 36,6 м), временная вертикальная, равномерно распределённая нагрузка на территории (48 кПа).	1,37	1,20

Рассматриваемые сооружения из МГ по расчетно-конструктивному типу относятся к гравитационным сооружениям вертикального профиля (см. рис. 2). МГ установлены в ряд на каменную постель. Грунтовые условия, глубины воды, внешние воздействия медленно изменяются на участках большой длины. Это позволяет выполнять моделирование устойчивости и деформаций сооружения совместно с каменной постелью и грунтовым основанием.

Для оградительного сооружения в эксплуатационный и строительный периоды рассматривается сочетание нагрузок: постоянные нагрузки от собственного веса конструктивных элементов МГ при высоком уровне воды и кратковременное ледовое воздействие. Расчётная горизонтальная нагрузка от ледовых воздействий – 1830 кН/м, равнодействующая ледовой нагрузки на отметке 1,2 м. Коэффициент надёжности по нагрузке от веса конструктивных элементов МГ принимается $\gamma_f = 0,95$, от веса засыпки отсеков $\gamma_f = 0,90$.

На рис. 3, б показана зависимость сдвиговых перемещений от коэффициента снижения прочностных характеристик грунтов основания. При устройстве пригрузочной призмы толщиной 3,5 м запас устойчивости сооружения, равный 1,22, превышает нормативные

требования. При толщине призмы 2,0 м запас устойчивости равен 1,14, что не удовлетворяет нормативным требованиям.

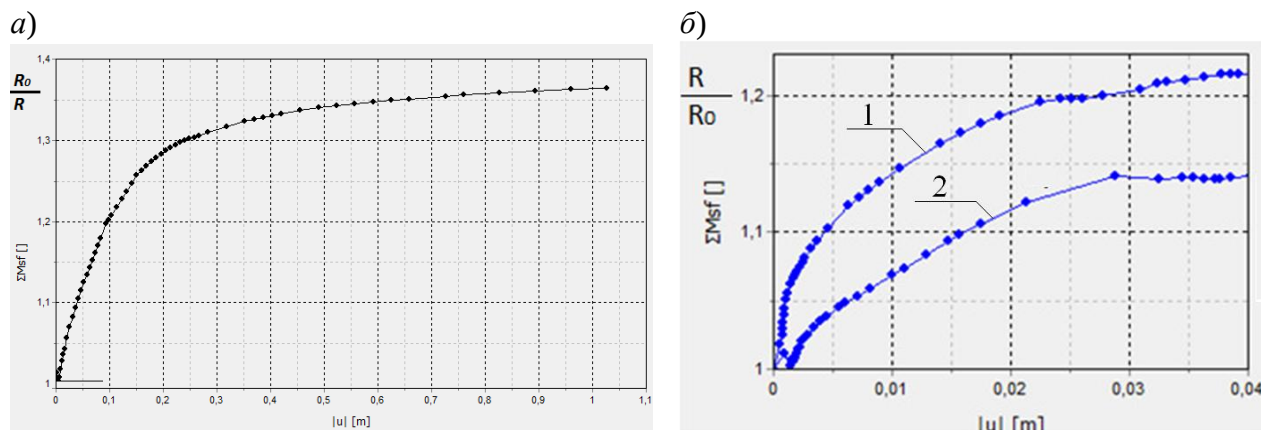


Рис. 3. Зависимость сдвиговых перемещений от коэффициента понижения прочностных характеристик грунтов основания:
а – для ОБД; б – для МГ с пригрузочной призмой высотой 3,5 м (1) и 2,0 м (2)

Потеря устойчивости происходит по схеме смешанного сдвига. Увеличение толщины призмы приводит к увеличению поверхности сдвига и вовлекает в сопротивление сдвигу дополнительные массы грунта.

В результате проведенных расчётов можно сделать следующие выводы:

- Общая устойчивость системы «оградительное сооружение» из оболочек большого диаметра – соответствует нормативным требованиям Строительных правил [3, 4]. Для основного сочетания нагрузок, коэффициент запаса устойчивости 1,34 (по нормам не менее 1,20).
- Общая устойчивость системы «оградительное сооружение» из массива-гиганта – не соответствует нормативным требованиям Строительных правил [3, 4]. Для основного сочетания нагрузок, коэффициент запаса устойчивости 1,14 (по нормам не менее 1,20).
- При данных сочетаниях нагрузок: нагрузки от собственного веса конструкций, давления грунта, морского волнения, нагрузки от натяжения швартовов, равномерно распределённые вертикальные нагрузки, нагрузки ото льда, наиболее подходящий вариант для проектирования, является оградительное сооружение из оболочек большого диаметра.

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. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003.
4. СП 23.13330.2011. Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85.
5. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная версия СНиП 2.06.04-82*
6. Лебедев В.В., Гарибин П.А., Беляев Н.Д. Инженерная геология. Заносимость морских гидротехнических сооружений. Санкт-Петербургский государственный технический университет. Санкт-Петербург, 1996.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТА ОГРАДИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ОБОЛОЧЕК БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Экономичные комбинированные конструкции, позволяющие наиболее эффективно использовать положительные свойства составляющих их элементов, находят всё более широкое применение в строительной практике. В гидротехническом строительстве при возведении причальных набережных, пирсов, молв и других сооружений зачастую оказывается экономически эффективным применение тонких стальных или железобетонных оболочек с грунтовым наполнителем [1].

Оболочка удерживает грунт в проектом положении: вместе они составляют массивную конструкцию, которая является основанием для верхнего строения причальных набережных [2].

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, взаимозаанкеренные двухрядные шпунтовые конструкции и бетонные или стальные оболочки большого диаметра.

По способу опирания на основание заполненные оболочки можно условно разделить на гравитационные (рис. 1, а), устанавливаемые на специально подготовленный слой прочного несжимаемого грунта («каменная постель»), и частично заглубленные в грунт (рис. 1, б).

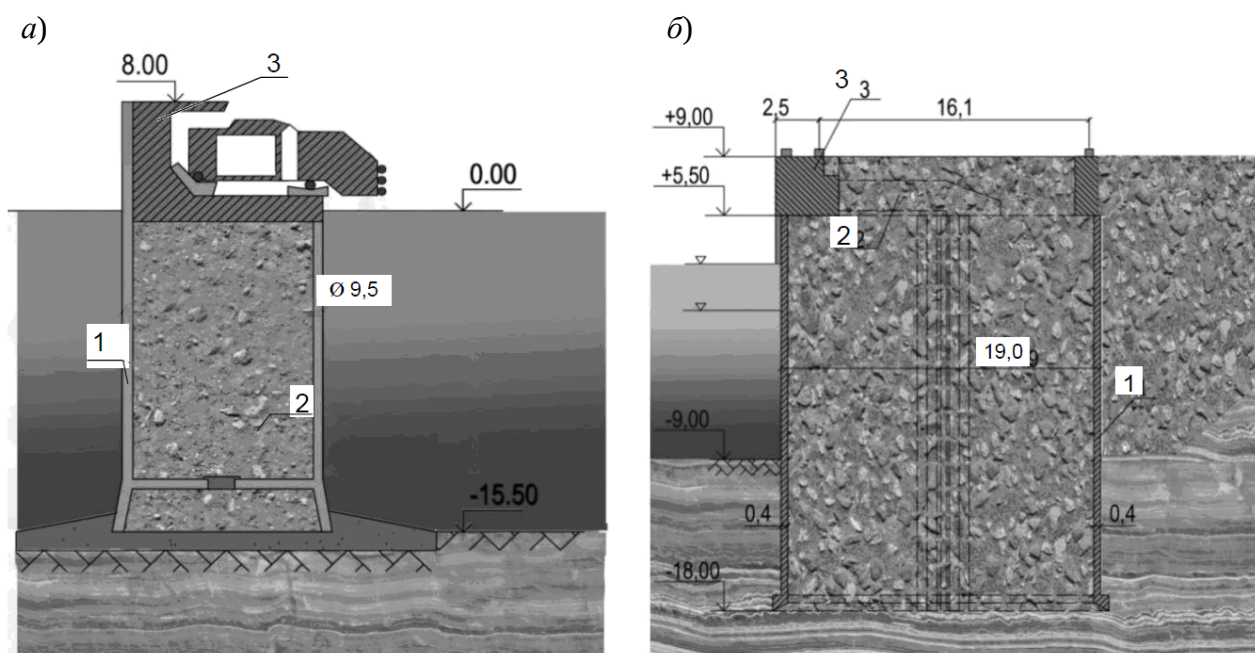


Рис. 1. Схемы вертикальных сечений заполненных цилиндрических оболочек:

а – на «каменной постели»; б – заглубленная в грунт основания;

1 – оболочка; 2 – наполнитель (грунт); 3 – элементы верхнего строения (размеры в м) [3]

В настоящее время для описания напряженно-деформированного состояния наполнителя используют модель упругого тела, трактуящую наполнитель как однородную

среду, для которой соблюдается линейная зависимость между напряжениями и деформациями.

Традиционная расчётная схема оболочки с наполнителем в строительстве предполагает введение множества допущений, среди которых основные:

- моделирование внутреннего наполнителя как внешней нагрузки для оболочки (метод Янсена) [4];
- гипотеза о равномерном распределении давления по подошве сооружения;
- упрощение условий на контакте стенки и оболочки при деформировании системы;
- усреднение напряжений в оболочке на контакте с грунтовым основанием.

Вводимые допущения часто приводят к расхождениям расчётных и экспериментальных данных исследований [5, 6], а также к сужению области применения оболочечных конструкций. Существенно ограничен набор конструктивных решений, позволяющих повысить эффективность работы наполнителя в составе конструкции в различных эксплуатационных условиях.

Расчет оснований выполняют с использованием двух основных расчетных моделей. Первая модель предполагает, что вся область выпора или обрушения или отдельные ее отсеки (рис. 2, а) являются жестким недеформируемым телом. Форма поверхности скольжения в большинстве случаев принимается заданной. На всей поверхности скольжения принимается одновременное наличие состояния предельного равновесия грунта, т.е. по всей границе справедливо условие прочности Кулона-Мора. На этой модели построены основные приближенные инженерные способы оценки устойчивости сооружений, разработанные учеными К. Терцаги, Г. Крейем, Д. Тейлором, Г.Е. Паукером, Н.Н. Масловым, М.Н. Гольдштейном, А. Скемптоном, А. Бишопом и многими другими. Вторая модель оценки устойчивости основания основана на использовании решений теории предельного равновесия (рис. 2, б). Для этой модели принимается, что во всех точках грунтовой среды существует предельное напряженное состояние. При этом во всей толще грунтовой среды возникает система поверхностей скольжения. В рамках этой модели разработаны методы оценки устойчивости грунтовых откосов, представленные в работах Г. Рейснера, А. Како, В.В. Соколовского, С.С. Голушкевича, В.Г. Березанцева, Г. Мейергофа, М.В. Малышева, Ж. Биареза и др.

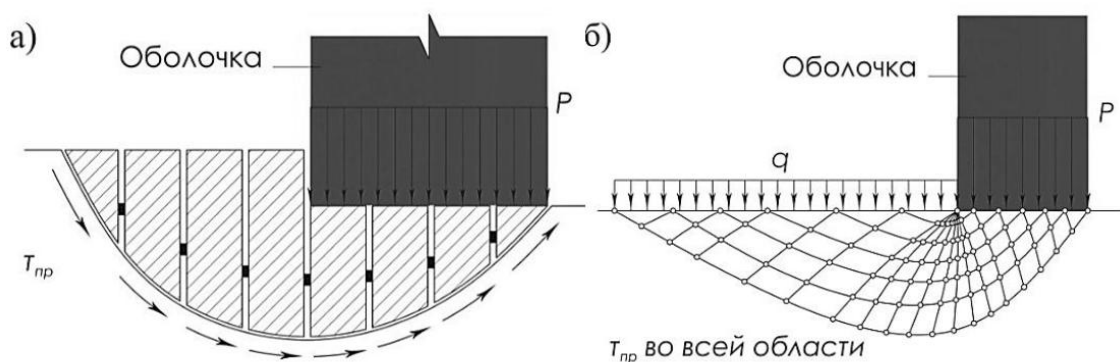


Рис. 2. Расчетные модели основания:
а – модель монолитных отсеков обрушения;
б – модель теории предельного равновесия [4]

Обе рассмотренные модели, используемые для оценки устойчивости дисперсных сред, сильно различаются по своим физическим предпосылкам. Для инженерного использования наиболее хорошо проработаны методы, опирающиеся на модель твердых отсеков, однако

методы теории предельного равновесия являются теоретически более обоснованными и более свободными от допущений в своей постановке.

Дальнейшее развитие методики расчёта рассматриваемых сооружений может быть направлено на изучение долевого распределения давления между наполнителем и оболочкой по подошве сооружения, а также на учёт влияния неравномерной сжимаемости глубоко залегающих слоёв грунта на устойчивость сооружения [7].

Направления развития методики расчета деформаций и напряжений в теле тонкой оболочки, удерживающей внутренний наполнитель, могут быть сосредоточены, прежде всего, на исследовании картины распределения напряжений сжатия в зоне опирания оболочки на основание с учетом его податливости. При этом следует учитывать необходимость постепенного отступления от допущений и условностей, принимаемых при сборе нагрузок на оболочку и при моделировании условий контакта оболочки с наполнителем и со средой основания, поскольку сравнение экспериментальных и расчетных данных указывает на несоответствие расчетных значений напряжений действительным при существующей традиционной методике компьютерного моделирования подобных сооружений [8].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Цимбельман Н.Я., Потянихин Д.А., Мамонтов А.И. и др. Математическая модель оболочки с наполнителем к расчёту гидротехнических сооружений. Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2013. № 4 (31). С. 43-50.
2. Выдряков А.В., Граков В.О., Беляев Н.Д. Оградительные сооружения из оболочек большого диаметра с защитной наброской. Политехническая неделя в Санкт-Петербурге материалы научного форума с международным участием. Кафедра водохозяйственного и гидротехнического строительства. СПб, 2016. С. 30-33.
3. Цимбельман Н.Я., Чернова Т.И. Метод расчета предельных нагрузок на сооружения из заполненных цилиндрических оболочек. Вестник ВСГУТУ. 2016. № 3. С. 32-38.
4. Цимбельман Н.Я., Чернова Т.И., Шмыков А.А. Параметры математической модели цилиндрических оболочек большого диаметра с наполнителем. Региональная архитектура и строительство. 2015. № 4-1 (25). С. 65-73.
5. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., Карась Р.А. Учет различных видов потоков, воздействующих на морские гидротехнические сооружения. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2007. № 49. С. 177-185.
6. Михаленко Е.Б., Мищенко С.М., Фролов С.А. Новые методы нормирования волновых нагрузок на морские гидротехнические сооружения. Гидротехническое строительство. 1998. № 11. С. 53-56.
7. Мамонтов А.И., Цимбельман Н.Я., Чернова Т.И. Устойчивость подпорного сооружения гравитационного типа на податливом основании. Морские интеллектуальные технологии. 2014. № 25. С. 16-24.
8. Цимбельман Н.Я., Чернова Т.И. Модельные исследования напряженно-деформированного состояния оболочек большого диаметра с наполнителем. Вестник МГСУ. 2012. № 12. С. 71-77.

УДК 627.33

Д.В.Дадайкина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БОЛЬВЕРКОВ

Объекты гидротехнического строительства можно отнести к числу наиболее сложных современных искусственных систем. В связи с этим, их проектирование, эксплуатация и обследование невозможны без применения системного подхода [1]. Такой подход включает в себя рассмотрение отдельных частей сложной системы с учетом их взаимодействия.

Системный подход необходим для получения, анализа и обобщения всей информации о состоянии гидротехнического сооружения на всех фазах его жизненных циклов.

Определение технического состояния гидротехнического сооружения или его элементов необходимо для определения степени физического износа, который наступает в результате коррозии, механических разрушений, влияния внешней среды, ошибок, допущенных при проектировании и строительстве.

Целью определения физического износа является обеспечение безопасности ГТС и его непрерывной работы. Важнейшие задачи для обеспечения безопасности: диагностика и оценка технического состояния ГТС.

Диагностика конструкции сводится к контролю технического состояния ее элементов, выявлению дефектов. По [2] выделены следующие категории технического состояния объектов: нормативное, работоспособное, ограниченно-работоспособное, неработоспособное, предельное (аварийное). Переход объекта из одного состояния в другое происходит в связи с появлением или устранением дефектов. Диагностика проводится на основе методов неразрушающего контроля с последующим анализом и оценкой степени опасности для поддержания нормативного уровня безопасности ГТС [3].

Неправильная оценка технического состояния причала может привести к неправильной оценке физического износа всего причального сооружения. Это значит, что конструкция не обеспечит безопасность, что в свою очередь может привести к аварии. Оценку технического состояния проводят с учетом конструктивных особенностей сооружения: эстакадное, гравитационное, сооружение типа больверк и т.д. В рамках данной работы рассматривается сооружение типа «больверк». В соответствии с [2] сооружение типа больверк – «это стенка из погруженных сплошным рядом в грунт основания вертикальных свайных элементов, воспринимающая давление грунта засыпки». Конструктивная схема больверка представлена на рис. 1.

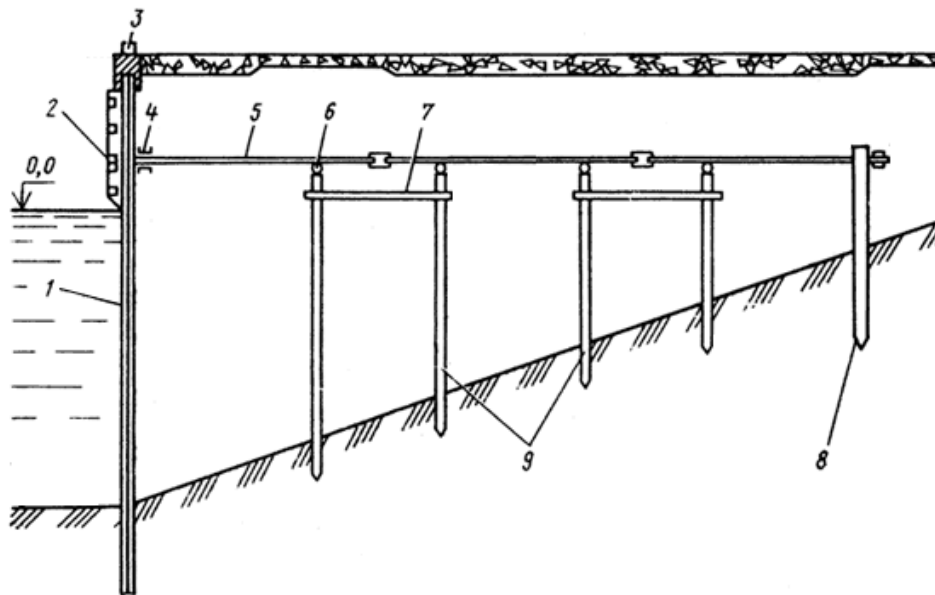


Рис. 3. Конструктивная схема больверка:

- 1 – шпунтовая стенка; 2 – отбойное устройство; 3 – колесоотбойный брус;
4 – распределительная балка; 5 – анкерная тяга; 6, 7 – насадки и схватки;
8 – анкерная опора; 9 – сваи

Для определения технического состояния больверка требуется произвести обследование. Визуально можно обследовать оголовки, отбойные устройства, колесоотбойный брус, сам шпунт (с участием водолазов), но вот обследовать заглубление стенки в грунт, анкерные

устройства и тяги не предоставляется возможным, т.к. выработка шурфа, как правило, осложняется материальными или техническими сложностями. Тогда прибегают к расчетам с использованием нормативной документации. Но и тут можно столкнуться с проблемой неполноты предоставленной информации.

Безусловно, информационная обеспеченность является главным фактором, способствующим своевременной оценке технического состояния ГТС. Сегодня измерения деформаций осуществляются при помощи геодезических методов [4, 5], с использованием щелемеров и т.д. Для получения большего количества данных необходимо внедрение высокотехнологичных измерительно-аналитических информационных средств «non-stop» мониторинга, способных следить за любыми кратковременными деформациями, смещениями конструкций в течение длительного времени.

В качестве примера можно рассмотреть [6] существующую геоинформационную систему (ГИС), которая позволяет отслеживать колебания набора точек, образующих замкнутый контур. Этот контур полностью совпадает с габаритами объекта наблюдения. Каждый измерительный блок закреплен в контрольных точках объекта наблюдений. Каждая точка привязана к своим GPS-координатам. Посредством использования беспроводной сети, данные, полученные от отдельных измерительных устройств (инклинометров), поступают на главный внутренний сервер. Вся полученная информация хранится в специальной базе данных. Результаты измерений подвергаются обработке, анализу и составлению прогнозных моделей. Со схемой системы ГИС можно ознакомиться на рис. 2.



Рис. 4. Схема системы ГИС

В состав измерительного блока входят: микроконтроллер, многофункциональный электронный акселерометр, электронный альтиметр, электронный термометр, электронный магнитометр, GPS-модуль и модуль беспроводной связи. При наблюдении за деформациями и перемещениями шпунтовой стенки бoulderка приборы можно закреплять, например, непосредственно на стенке под шапочным брусом.

Благодаря контролю и отслеживанию аварийных деформаций и пространственных перемещений, создается система быстрого реагирования. Комплекс подобных мероприятий помогает анализировать и предотвращать аварийные ситуации.

Выводы.

В ходе исследования реальной системы происходит столкновение с целым спектром разнообразных проблем. Их постепенное последовательное увязывание, выявление

взаимосвязей, внедрение в практику результатов, полученных в ходе анализа, – это и есть системный подход к решению поставленных задач.

Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений – это разработка системы для предупреждения аварийных ситуаций. Для качественного улучшения системы мониторинга необходимо использование современных достижений информационных технологий в широком системном контексте.

Приведенная в качестве примера система непрерывного мониторинга ГИС помогает строить более точные математические (и прогнозные) модели изменения технического состояния гидротехнических сооружений, что способствует прогнозированию и предотвращению аварийных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989. 360 с.
2. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2012. 111 с.
3. Гарибин П.А., Марлей В.Е., Шабанов С.В. Научный мониторинг технического состояния гидротехнических сооружений водного транспорта – http://baltmp.ru/stati_i_publicacii/article_post/nauchnyy_monitoring_tehnicheskogo_sostoyaniya_gidrotehnicheskikh_soooruzheniy_vodnogo_transporta
4. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В. Экспертиза технического состояния морских гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство. 2007. № 5. С. 37-45.
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. Гарибин П.А. Разработка автоматизированной системы для непрерывного контроля технического состояния гидротехнических сооружений [Текст] / П.А. Гарибин, В.Е. Марлей, Е.О. Ольховик, С.В. Шабанов // Гидротехника XXI век. 2013. № 2(14). с. 50-53.

УДК 624.159.2

К.А.Барауля

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОСЛЕДСТВИЯ НАРУШЕНИЯ ЭТАПОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПАРКИНГА

Цель работы – оценка технического состояния подземной монолитной железобетонной конструкции, установление степени повреждения и категории технического состояния.

Для достижения поставленной цели было проведено комплексное визуально-инструментальное обследование здания [6].

Гидрогеологические условия – одна из важнейших характеристик, учитываемых при проектировании подземного паркинга. Во время расчета фундаментов подземных сооружений, необходимо уделять особое внимание составу грунтов основания, а также подземным водотокам. Неучтенные в расчетах фактические условия могут нанести огромный вред техническому состоянию объекта и срыву сроков его сдачи в эксплуатацию. Но, даже при соблюдении всех норм проектирования, могут возникнуть проблемы, связанные с нарушением этапов возведения сооружения.

В работе были рассмотрены реально существующие последствия аварии подземного сооружения, вызванные избыточным гидростатическим давлением грунтовых вод, значительно превышающим значения, которые были учтены при проектировании данного объекта.

Здание в плане запроектировано в виде прямоугольника размером 74х67 м, разделенного деформационными швами на четыре прямоугольных фрагмента. Конструктивная схема здания – смешанная колонно-стенная с жесткими дисками перекрытий. Фундамент строения – монолитная железобетонная плита толщиной 500 мм, несущее основание – супеси пылеватые с гравием и галькой.

Стоит отметить, что паркинг был рассчитан на всплытие в соответствии с [2], а также при проектировании подземного сооружения были предусмотрены меры борьбы с излишним гидростатическим давлением, при этом монтаж дренажных систем должен был проводиться после окончания строительства. Соответственно, во время проведения монтажных работ, уровень грунтовых вод мог повыситься до максимального проектного уровня. Во время всплытия проектная пригрузка плиты покрытия еще не была осуществлена.

Вследствие неучтенных гидрогеологических условий во время монтажных работ, под действием избыточного давления грунтовых вод, начался интенсивный подъем паркинга относительно его проектных отметок.

В соответствии с результатами анализа данных первичного мониторинга, был зафиксирован подъем паркинга, максимальная величина которого составляла 32,0 см. На основании вышеизложенного, было принято решение об устройстве иглофильтров [1] через тело фундаментной плиты для снятия излишнего гидростатического давления воды и предотвращения дальнейшего поднятия паркинга.

Благодаря этому паркинг стал испытывать интенсивную осадку, о чем свидетельствуют результаты последующего мониторинга. В результате откачки воды, паркинг занял положение с максимальным отклонением от проектных отметок не более 19 мм.

В ходе всплытия и осадки, элементы конструкции испытывали не те деформации, на которые были запроектированы, в результате чего элементы конструкции получили серьезные повреждения, в том числе и аварийные.

В ходе комплексного обследования, были выявлены дефекты, в основном представляющие собой сквозные трещины (в том числе и с протечками), а также сколы защитного слоя бетона с обнажением арматуры, представленные на рис. 1.

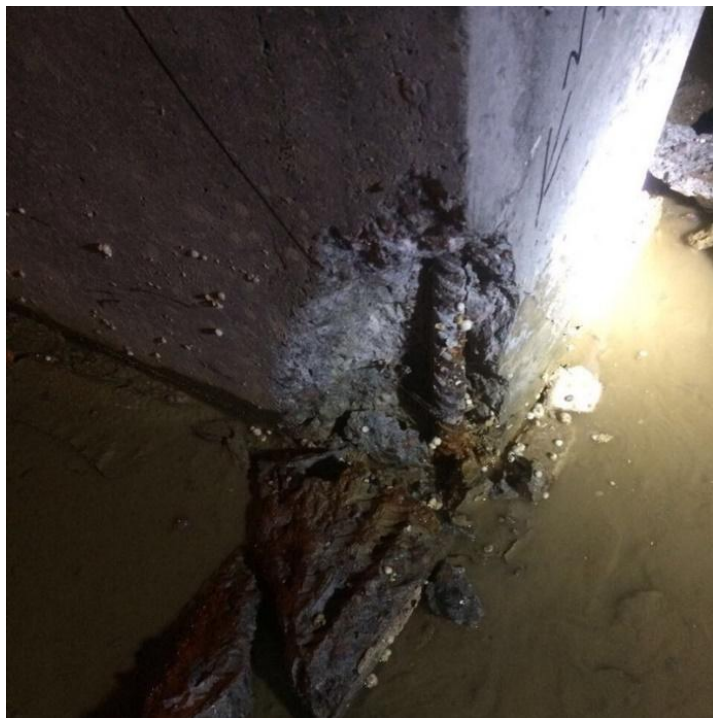


Рис. 1

С целью определения равномерности деформаций, проведено нивелирования верхней поверхности фундаментной плиты (рис. 2). Определение высотных отметок осуществлялось методом геометрического нивелирования. По результатам нивелирования выявлена максимальная относительная неравномерность деформаций [3] в осях 14/А-Б, составляющая $f/L = 0,0051$, что превышает допустимую величину более чем в два раза (для данной категории конструктивной характеристики здания максимальное значение относительной неравномерности деформаций составляет $f/L = 0,0024$, см. т. 4.1 ТСН 50-302-2004 [4]).

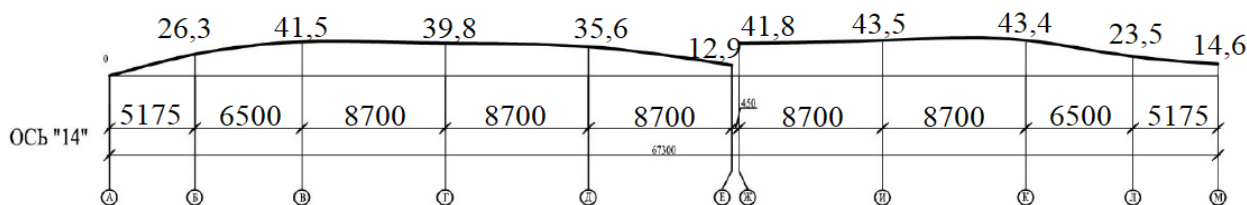


Рис. 2

Таким образом, в соответствии с СП 13-102-2003 [5], техническое состояние строения в настоящем виде при имеющихся нагрузках может быть определено как ограниченно-работоспособное, техническое состояние 5 колонн из 86 может быть определено как аварийное. Разность отметок фундаментной плиты вдоль деформационного шва достигает 28,9 мм, что позволяет сделать вывод о неравномерной осадке паркинга после всплытия. В настоящее время положение фундаментной плиты паркинга не соответствует требованиям проекта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 250.1325800.2016. Здания и сооружения. Защита от подземных вод.
2. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений.
3. Сорочан Е.А., Трофименков Ю.Г. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М.: Изд-во Стройиздат, 1985 г. 479 с.
4. ТСН 50-302-2004. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге.
5. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
6. 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.

УДК 626

С.В. Вахрушева, Е.А. Мартыненко, А.А. Старицына
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

БАССЕЙНЫ ДЛЯ ГЛУБОКОВОДНОГО ДАЙВИНГА

Долгое время бассейны и центры водных видов спорта воспринимались исключительно с точки зрения их практической пользы и обычно не являлись уникальными архитектурными объектами. Однако в последние годы ситуация резко изменилась: в Европе появились первые бассейны, построенные по авторским проектам. Более того, некоторые из этих объектов стали архитектурными шедеврами.

В последнее время все большее развитие получает такой вид спорта, как фридайвинг. Его отличительной особенностью является то, что пловцу не требуется специального оборудования. Однако, для полноценных тренировок не достаточно бассейнов глубиной 3-6 м. Данный вопрос

заставил архитекторов-дайверов задуматься над созданием уникальных тренировочных площадок глубиной в десятки метров [1, 2].

Если есть возможность научиться подводному плаванию в безопасной и комфортной обстановке глубокого бассейна, то какой смысл заниматься этим же в экзотических местах? В последние годы у любителей острых ощущений появилась возможность попробовать свои силы в «тепличных» условиях специализированных комплексов [3].

Самым глубоким бассейном мира является Y-40 Deer Joy, который специально создан для любителей дайвинга. Он был открыт весной 2014 года в Падуге (Италия) на территории отеля Terme Millepini. Бассейн построен по авторскому проекту дизайнера и архитектора Эмануэле Боаретто. Комплекс условно разделен на две зоны. Первая, глубиной 10 м, спроектирована для привычного всем плавания, вторая – предназначена для дайвинга. Эта зона является наиболее интересной с точки зрения строительства. Именно она задает уникальность данному проекту. Вертикальный цилиндр, достигающий до отметки минус 40 м, предназначен для погружения дайверов, имитируя реальное погружение в дикой природе. Площадь поверхности воды в зоне основной чаши – 21×18 м, а общий объем воды – 4300 м³. Так же, для тех, кто не хочет погружаться на максимальную глубину, предусмотрены промежуточные платформы на уровне 3, 10 и 15 м.

Глубокая часть диаметром около 5 м выложена специальной плиткой, которая выдерживает давление в четыре атмосферы и освещена многочисленными точечными светильниками. Кроме рекордной возможности погружения на 40 м, Y-40 обладает еще некоторыми уникальными особенностями. Бассейн наполняет термальная вода с постоянной температурой в 32-34°C и сквозь него можно пройти по специальному стеклянному переходу и понаблюдать за ныряющими дайверами. Также в бассейне есть различные промежуточные глубины и пещеры для технического дайвинга [4].

Рассмотрим еще одно гидротехническое сооружение такого же класса – комплекс Nemo 33, который долгое время был рекордсменом по глубине среди бассейнов. Это центр рекреационного подводного плавания в Уккеле (Бельгия) в котором находится сеть крытых плавательных бассейнов. Комплекс был разработан бельгийским водолазом-экспертом Джоном Бирнаертсом для многоцелевого обучения подводному плаванию и открыт в 2004 году.

Комплекс Nemo 33, так же как и Y-40, состоит из двух бассейнов. Первый из них характеризуется небольшими глубинами, в том числе 1,3 м и 2,5 м. А в конструкции второго – «ямы»: 5, 10 и 33 м. Для удобства начинающих дайверов на глубинах 7 и 9 м предусмотрены три «колокола», куда под давлением подается постоянно обновляемый воздух, чтобы аквалангистам не нужно было слишком часто всплывать. Ванна бассейна заполнена пресной водой объемом 2500 м³. На глубину в 34,5 м ведет специальная труба с лестницей, начинающаяся на уровне 15 м. На 10-метровой глубине аквалангистов и водолазов ожидают подводные ходы и пещеры, украшенные различными декорациями, чтобы погружающимся было интересно заниматься видеосъемкой. Так же в стенах бассейна предусмотрены многочисленные окна-иллюминаторы, выходящие на бары и другие сухие помещения комплекса.

Подогрев воды в бассейне осуществляется за счет солнечных батарей, а точнее – тепловых коллекторов и системы труб с теплоносителем. Данный источник энергии позволяет поддерживать минимальную температуру воды в бассейне +30°C. Для поддержания высокого качества воды в комплексе Nemo 33 используются новейшие технологий [5].

С точки зрения технологии строительства, глубоководные бассейны – это сложные гидротехнические сооружения. При проектировании и строительстве данных сооружений возникает ряд проблем, связанных с такими обязательными мероприятиями, как устройство ограждения котлована и выбором гидроизоляционных материалов [6].

Ограждение котлована при строительстве должно сочетать в себе следующие основные функции: воспринимать боковое давление грунта, являться противофильтрационной завесой и воспринимать гидростатическое давление подземных вод, при необходимости воспринимать вертикальные нагрузки, минимизировать влияние котлована на окружающую застройку. Наиболее полно сочетанию всех этих функций отвечают конструкции, устраиваемые способом «стена в грунте». «Стена в грунте» в современных условиях является наиболее универсальной конструкцией, используемой в подземном строительстве для устройства ограждения котлованов и защиты от подземных вод [7].

Гидроизоляция бассейна состоит из нескольких мероприятий, направленных на защиту конструкций бассейна от воздействия водной среды как снаружи, так и изнутри чаши бассейна. От правильного выбора гидроизоляционных материалов и соблюдения технологии выполнения работ зависят качественные характеристики бассейна [8].

На стены чаши глубоководного бассейна приходится большое давление с нескольких сторон. С внутренней – давление толщи воды, с наружной – боковое давление грунта и сверху собственный вес и, в случае сложной многоступенчатой конструкции, вес воды. Такие колоссальные нагрузки и выделение тепла в процессе гидратации в массивной конструкции неизбежно приводит к микротрещинам бетона. В условиях высокого давления грунтовых вод влага может попасть на арматуру. Данный процесс способствует коррозии и разрушению металлического каркаса, что может привести к непоправимым последствиям.

Другим разрушающим эффектом попадания воды в бетон является возможное разрушение из-за чередования циклов замораживания-оттаивания. К тому же этот процесс является неравномерным по высоте, так как температура на уровне земли значительно отличается от проектируемой отметки дна бассейна в несколько десятков метров. Такое неравномерное распределение температур так же может привести к возникновению трещин.

В отличие от гидроизоляции, выполняемой для фундаментов домов, к гидроизоляционным материалам чаши глубоководного бассейна необходимо предъявлять повышенные требования. Это связано с тем, что конструкция чаши бассейна подвергается динамическим нагрузкам и температурному расширению. Из-за этого основными требованиями к материалу гидроизоляции является эластичность и трещиностойкость.

По принципу действия гидроизоляционные материалы можно разделить на три основные группы: материалы на основе расширяющихся цементов; материалы проникающего действия; материалы, работающие по принципу гидроизоляционных мембран.

Основные особенности и тенденции современного рынка гидроизоляционных материалов состоят в ориентации рынка на экологические материалы, преимущественно на минеральной основе, водоразбавляемые, например, полимерцементные [9].

Современный рынок гидроизоляции предлагает широкую гамму разнообразных материалов, однако надежный гарантированный результат можно получить лишь при правильном подборе материалов, их совместимости и строгом соблюдении технологии производства работ.

Строительство таких сложных бассейнов требует знаний. Причем, знаний самых разных специалистов – архитекторов, проектировщиков, геодезистов, дизайнеров, химиков и многих-многих других. И запас этих знаний должен быть полным и прочным, ведь такое сооружение, как глубоководный бассейн, все его составляющие включает в себя в первую очередь понятие безопасности для здоровья и жизни человека. Однако, отсутствие нормативной базы и опыта проектирования подобных сооружений не позволяет архитекторам, инвесторам и строителям взяться за осуществление столь грандиозного и нужного проекта в нашей стране. Исходя из опыта создания Немо 33, можно сделать вывод, что приходится прибегать к большому количеству технологических хитростей и изобретений. В первую очередь эти нововведения были направлены на сокращение стоимости строительства. Желания творить недостаточно, когда нет уверенности

в рентабельности и достаточности интеллектуальных и временных ресурсов у разработчиков. Любая неточность в проектировании и малейший брак при монтаже могут привести к непоправимым последствиям, поэтому при строительстве бассейнов и аквапарков так необходимо поддержание высочайшего качества и применение высокотехнологичных материалов и решений.

Таким образом, подобные бассейны в первую очередь востребованы и необходимы для постоянных тренировок по фридайвингу (апноэ). Данные сооружения способствуют развитию спорта, что совпадает с политикой Российской Федерации. Однако, для свободного и качественного проектирования необходима разработка нормативной базы. Вопросы, относящиеся к проектированию глубоководных бассейнов, в настоящее время не включены в отечественные нормативные документы, такие как СНиП, СП, ГОСТ, РД и др. Рассмотренный тип гидротехнических сооружений нуждается в разработке специальной нормативной базы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Самарский А.В. Рекреационный дайвинг: мифы и реальность. Физическое воспитание и спортивная тренировка. 2015. №4(14).
2. Безуглова М.С. Дайвинг: Современные подходы к классификации и перспективы развития туристской индустрии в Астраханской области. Современные тенденции и перспективы развития индустрии туризма и гостеприимства. 2015. с.76-80.
3. Федорова О.Ю. Дизайн-проект оборудования для дайвинга в контексте безопасности погружения. Диссертация. СПбПУ, 2016. с.72.
4. Архитектура с водным уклоном [Электронный курс]. Режим доступа: <https://stroim.mos.ru/unikalnaya-arhitektura/mir/arhitektura-s-vodnym-uklonom>
5. Коростелев А. Дайверский рай под Брюссельской крышей. SportBuild строительство и эксплуатация спортивных сооружений. 2016. №03.
6. Альхименко А.И. и др. Гидротехнические сооружения морских портов. СПб: Изд-во «Лань», 2014. 427 с.
7. Петрухин В.П., Колыбин И.В., Разводовский Д.Е. Ограждающие конструкции котлованов, методы строительства подземных и заглубленных сооружений. М.: НИИИОСП, 2012. с.17.
8. Орехова А.Н. Материалы, применяемые для гидроизоляции бассейна. Сантехника. 2016. №1.
9. Зарубина Л.П. Гидроизоляция конструкций, зданий и сооружений. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. с. 272.

УДК 627

О.Н. Бабаевская

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ПОСТАНОВКЕ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ

Работа посвящена вопросам моделирования поведения полупогружной буровой установки (ППБУ) при постановке на якоря при различных внешних воздействиях.

Методология реализации исследования поведения ППБУ под действие внешних сил предполагает настройку якорной системы удержания и поиск предельных параметров внешних воздействий, при которых одновременно выполняется множество ограничений [1, 2].

При моделировании поведения платформы расчет нагрузок производится для двух режимов [1]:

1. Рабочий режим (режим эксплуатации) – действуют постоянные и переменные нагрузки, вызываемые воздействием окружающей среды, соответствующие такой интенсивности, при которой возможно выполнение платформой основных функций
2. Режим выживания – действуют вероятные из возможных максимальных внешних нагрузок, воздействующих на ПБУ за весь период эксплуатации.

Безопасность функционирования платформы в каждом режиме определяется требованиями Российского Морского Регистра Судоходства, представленными в «Правилах классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ», РМРС, 2014 г. [1].

Исходя из назначения буровой установки необходимо выполнить ограничения на линейные и угловые перемещения платформы в режимах эксплуатации и выживания. В режиме эксплуатации смещения должны быть не более 5-6 % глубины (для нормальной работы бурового оборудования), наклоны не более 5°. В режиме выживания ограничения на смещения платформы отсутствуют, а угол крена/дифферента ограничивается 10°.

Таблица 1

Ограничения на линейные и угловые перемещения платформы

Режим	Предельное смещение, % от глубины	Предельный параметр качки, град.
Эксплуатация	5-6	5
Выживание	–	15

Согласно нормативным документам РМРС во всех режимах необходимо обеспечить нормативный запас прочности якорных связей. Коэффициент запаса по натяжению связей при расчете квазистатическим методом 2,7 (по отношению к разрывному) в режиме эксплуатации и 1,8 – в режиме выживания. При использовании динамического метода анализа коэффициент запаса – 2,0 и 1,5 соответственно. Кроме того, в режиме эксплуатации должна быть обеспечена безусловная неподвижность якорей (коэффициент запаса по держащей силе якоря – 1,8) [1].

Для реализации моделирования поведения платформы под действием внешних нагрузок создана трехмерная геометрическая модель платформы проекта L-900, подготовленная в среде AutoCAD (рис. 1). В дальнейшем модель передается с помощью встроенных интерфейсных модулей в ПК «Anchored Structures». Далее определяется плановая раскладка якорей и производится панельная разбивка смоченной части платформы, используемая для расчета гидродинамических нагрузок [3, 4].

Для режима выживания моделирование осуществляется для штормовых условий с повторяемостью один раз в 50 лет, при сонаправленном воздействии ветра, течения и волнения (наихудший режим). В случае невыполнения ограничений, гарантирующих безопасность платформы (оптимальное начальное натяжение связей, обеспечивающее лучше предельные параметры качки и наилучший запас натяжения якорных связей) – реализовывалось моделирование со сниженными параметрами по ветру и волнению, и повторно проверялись условия безопасности платформы в режиме выживания.

В рабочем режиме моделирование начинается со штормов с повторяемостью один раз в год, сопровождаемых ветром и волнением с аналогичной повторяемостью. Если условия безопасной эксплуатации платформы не выполняются – повторное моделирование реализуется при пониженной высоте волн и более низких скоростях ветра, но при той же скорости течения [5, 6].

Таким образом, общий план проведения численного эксперимента должен производиться для числа случаев, отражающих многообразие режимов работы платформы и возможные сочетания внешних нагрузок, дающих достаточно полную информацию для оценки предельно допустимых внешних условий для обеспечения безопасной работы платформы.

В дальнейшем в работе планируется выполнить следующие этапы:

- выбор начального натяжения связей для различных режимов эксплуатации;

- определение предельных значений ветра, волнения и течения, при которых допустима эксплуатация ППБУ;
- проверку удерживающих сил якорей при различных гидрометеорологических условиях эксплуатации ППБУ;
- определение отклонения ППБУ от точки бурения при различных гидрометеорологических условиях.

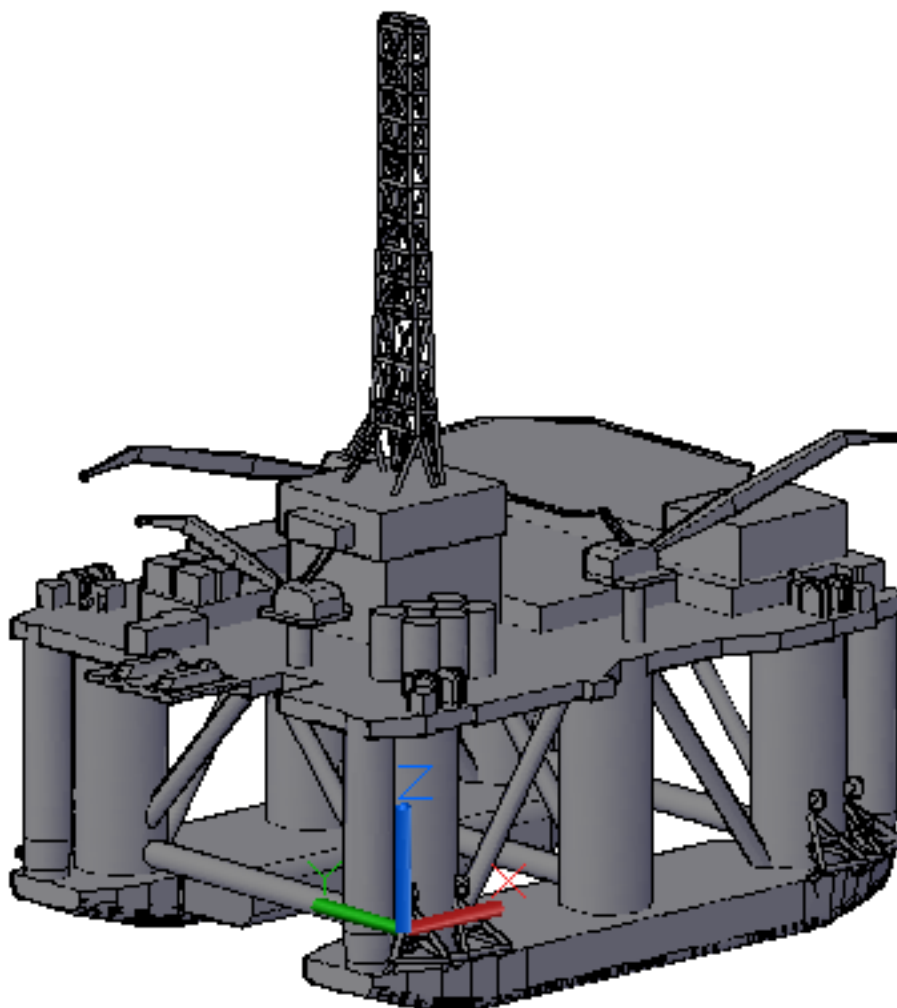


Рис. 1. Вид трехмерной модели ППБУ проекта L-900 в среде AutoCAD

Расчеты будут выполняться в соответствии с «Правилами классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ» [1] с помощью ПК «Anchored Structures» [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ, РМРС, СПб, 2014 г.
2. Третьякова И.Н., Кобринец А.М., Бабаевская О.Н. Проект постановки полупогружной буровой установки в Охотском море. Политехническая Неделя в Санкт-Петербурге. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016, с. 114-116.

3. Большев А.С., Фролов С.А., Михаленко Е.Б. Математическое моделирование поведения морских плавучих сооружений. Труды СПбГПУ, изд. СПбГПУ, 2007, №502.
4. Большев А.С. Кутейников М.А., Фролов С.А. Математическое моделирование морских плавучих объектов в программном комплексе “Anchored Structures”. Научно-технический сборник РМРС, вып. 36, 2013, стр. 68-90.
5. Григорьева О.А. Инженерные методы оценки прочности и долговечности якорных связей и райзеров шельфовых сооружений. Диссертация. СПб: СПбПУ, 2009.
6. Bolshev A.S. Statics and dynamics of anchored floating structures with non-linear characteristics of anchored system Monograph, Gdansk, 1993, 218 p.

УДК 627.33

Е.Н. Гонякина, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВАРИАНТЫ КОНСТРУКЦИЙ ГРУЗОВЫХ ПРИЧАЛОВ №№ 2, 3 В МОРСКОМ ПОРТУ НОВОРОССИЙСК

Группой Новороссийского морского торгового порта разработана Долгосрочная программа развития, которая утверждена Советом директоров ПАО «Новороссийский морской торговый порт» 15 января 2015 г., протокол № 07-СД НМТП [1].

Целью работы является увеличение грузооборота грузовых причалов №№ 2, 3 в морском порту Новороссийск. Для достижения поставленной цели необходимо разработать варианты конструкций причалов с проектной отметкой минус 13,700 м (отметка дана в «нуле» порта Новороссийск), из которых в дальнейшем выбрать наиболее технически применимый вариант.

Причалы № 2 и № 3 расположены в Западном районе морского порта Новороссийск. В соответствии с паспортами ГТС [2, 3] класс сооружений – III. Причалы № 2 и № 3 представляют собой набережную – эстакаду. Длина каждого причала – 121,0 м, ширина – 23,0 м. Назначение причалов – прием рыбопродукции и других грузов. Отметка проектного дна для причалов № 2 и № 3 составляет минус 8,25 м, отметка кордона – плюс 2,50 м (здесь и далее отметки даны в «нуле» порта Новороссийск, что соответствует отметке минус 0,604 м в Балтийской системе высот 1977 года). Конструкция причалов № 2 и № 3 однотипная и представляет собой эстакаду шириной 16,00 м из трех рядов предварительно напряженных железобетонных свай-оболочек длиной 16,00 м, диаметром 1,60 м и толщиной стенки 0,15 м. Отметка погружения свай-оболочек изменяется от минус 15,00 м до минус 16,80 м. Шаг свай-оболочек в продольном направлении – 12,00 м, расстояние между продольными рядами – 5,50 м.

В 2016 году было проведено очередное комплексное обследование причалов № 2 и № 3. Заключение проведенного очередного комплексного обследования содержит следующие выводы: причалы №2 и №3 находятся в ограниченно-работоспособном состоянии и годны к эксплуатации при условиях изменения режима эксплуатации и выполнения ремонтных работ [5]. Результаты обследования приняты к сведению при разработке конструктивных вариантов [6]. На основании проведенного анализа разработаны и рассчитаны два варианта конструкций причалов.

Первый вариант предусматривает увеличение глубины до отметки минус 13,70 м с переустройством всех конструктивных элементов причалов. Для этого производится разборка верхнего строения эстакады-оторочки, устройство заанкеренного больверка из трубошпунта. Конструктивный разрез представлен на рис. 1.

Основными конструктивными элементами, определяющими прочность и устойчивость причалов в первом конструктивном варианте: лицевая стенка из трубошпунта диаметром 1,60 м и толщиной стенки 0,15 м; анкерная опора в виде стенки из стального шпунта Ларсен-V; анкерные тяги круглого сечения диаметром 80 мм, установленные с шагом 2,0 м.

Результаты расчетов в первом варианте конструкции приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Результаты расчетов для лицевой и анкерной стенок в первом варианте конструкции

Конструктивный элемент	Максимальный изгибающий момент, кН·м	Несущая способность по материалу, кН·м	Условие прочности	Отметка дна, м (в БСВ 1977 г.)
Лицевая стенка	1490,23	2295,00	выполнено	-13,70
Анкерная стенка	188,85	228,00	выполнено	-13,70

Таблица 2

Результаты расчетов для анкерных тяг в первом варианте конструкции

Конструктивный элемент	Максимальное усилие в анкерной тяге, кН	Предельное усилие в тяге, кН	Условие прочности	Отметка дна, м (в БСВ 1977 г.)
Анкерная тяга Ø80 мм	1184,73	1357,00	Выполнено	-13,70

Второй вариант предполагает на причалах №2 и №3: произвести текущие ремонтные работы в соответствии с извещением о выполнении ремонтных работ, выполнить оторочку и увеличить глубину у причалов до отметки минус 13,700 м. Конструктивный разрез представлен на рисунке 2.

Основными конструктивными элементами, определяющими прочность и устойчивость причалов во втором конструктивном варианте является лицевая стенка из предварительно напряженных железобетонных свай-оболочек диаметром 1,60 м и толщиной стенки 0,15 м. Результаты расчетов во втором варианте конструкции приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчетов свай для второго варианта конструкции

	Расчетная вертикальная нагрузка, кН	Расчетная несущая способность свай, кН	Проверка обеспечения несущей способности
Сжатие	1000,00	3981,68	Выполнена
Выдергивание	500,00	625,34	Выполнена

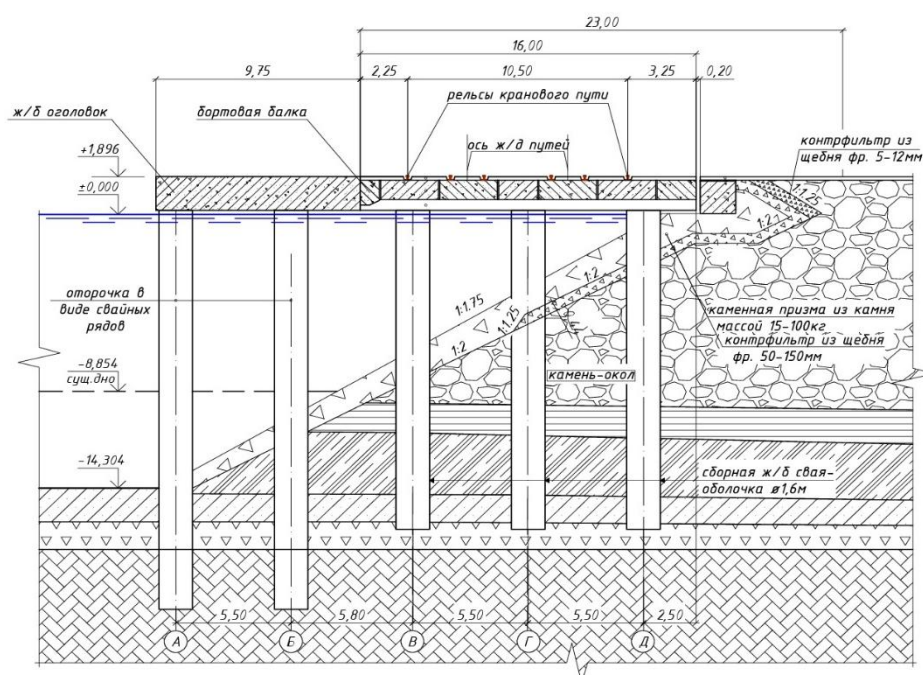


Рис. 2. Конструктивный разрез второго варианта конструкции причалов № 2 и № 3

По результатам выполненных расчетов несущей способности двух конструкций причалов №№ 2, 3 в соответствии с РД 31.31.55-93 [4] сделаны следующие выводы: первый и второй вариант конструкции обеспечивает устойчивость и при основном сочетании нагрузок, условие прочности выполняется. С технической точки зрения оба варианта имеют право на существование. Цель работы при любом варианте конструкции достигается.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Протокол № 07-СД НМТП. Долгосрочная программа развития с глубиной планирования до 2020 года / Совет директоров ПАО «НМТП». Новороссийск., 2015 г.
2. Паспорт причального сооружения. Причал №2 / Союзморниипроект. М., 1998.
3. Паспорт причального сооружения. Причал №3 / Союзморниипроект. М., 1998.
4. РД 31.31.55-93. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений / Федеральная служба морского флота РФ. М., 1996.
5. Технический отчет. Очередное комплексное инженерное обследование и освидетельствование грузовых причалов №2 и №3 ФГУП «Нацрыбресурс», арендуемых АО «Новорослесэкспорт». СПб., 2016.
6. Балашов Б.В., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б., Вилькевич В.В. Анализ проблем, связанных с обследованиями портовых ГТС (на примере глубоководной достроечной набережной). Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2013. Т. 269. С. 110-117.

УДК 69.05

Субботина Е.В.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИЧАЛЬНОЙ НАБЕРЕЖНОЙ ЧЕРЕПОВЕЦКОГО РЕЧНОГО ПОРТА

Цель данной работы заключается в обеспечении надёжной и безопасной работы причальной набережной Череповецкого речного порта и предоставления эксплуатационной надёжности ее в будущем.

Западные причалы Череповецкого речного порта расположены в промзоне на левом берегу р. Ягорба. Причальная набережная состоит из заанкерowanego больверка в виде металлического шпунта Ларсен IV свободной высоты 7,8 м. Глубина погружения шпунта составляет 3,85-3,90 м, вместо 4,0 м по проекту. Причем часть шпунтин, глубиной погружения 2,5 м забита через одну, образуя гребенку [2].

Анкерные тяги диаметром 56-70 мм, длиной 12,5 м расположены с шагом 1,6 м, за исключением мест размещения швартовных тумб, где их шаг сокращен до 1,2 м. Кроме того, на верховом участке по течению реки длиной 65 м шаг анкерных тяг находится в пределах 1,2-2,4 м [2].

Анкерная опора состоит из анкерной плиты размером 1,8×1,0×0,2 м за исключением верхового участка вышеназванной длины. На этом участке стенки длиной 12 м анкерная опора выполнена из частокола железобетонных свай 0,25×0,25 м, а последующий участок длиной 5 м [2].

Протяженность набережной: общая длина – 605 м. Засыпка выполнена из песка, а основание – суглинком [2].

Для достижения поставленной цели необходимо было провести оценку технического состояния существующего причального сооружения. Она определялась на основе:

- паспорта и проекта сооружения [2];
- комплексного обследования, которое включало в себя работы по уточнению размеров конструкции и ее элементов, обнаружению дефектов и выявлению возможных резервов прочности сооружения;

– проверочных расчетов конструкции и ее элементов по современным нормативным документам [1, 3, 4].

Был произведен статический расчет конструкции, в данном случае заанкерванный больверк в виде металлического шпунта Ларсен IV. В первой расчетной схеме заанкерванный больверк представляет собой статически неопределимую балку с верхней податливой опорой и нижней упругой заделкой с нагрузкой в виде активного давления. Во второй – стенку свободного опирания, в которой учитывается влияние смещения нижнего конца стенки, по-другому трансформирую эпюру бокового давления грунта на стенку[6].

При расчётах напряжённо-деформированного состояния конструкций причала использован комплекс программы SCAD, разработанный на основе действующих в Российской Федерации нормативных документов. Состав расчетов соответствует требованиям РД 31.31.86-86 «Инструкция по усилению и реконструкции причальных сооружений», на основе которого был произведен статический расчет [1].

Допускаемый момент для шпунта Ларсен IV

$$M = [\sigma]W = 2100 \times 2200 = 46,2 \text{ тм} > 16,3 \text{ тм},$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение в анкерной тяге $[\sigma] = 2100 \text{ кг/см}^2$; W – упругий момент сопротивления сечения 1 м шпунта, м^3 .

Значение усилия, полученное бездеформационным методом Блюма-Ломейера, составляет 16,3 тм.

Напряжения в шпунте с учетом коррозионного износа полки шпунта с 14,8 мм до 11,6 мм равно

$$\sigma = 945,29 \text{ кг/см}^2 < [\sigma] = 2100 \text{ кг/см}^2.$$

Напряжения в анкерной тяге с учетом коррозионного износа диаметра с 70 мм до 67 мм равно

$$\sigma = R_a/F = 2405 \text{ кг/см}^2 > [\sigma] = 2100 \text{ кг/см}^2.$$

Проведена проверка общей устойчивости сооружения на вращение по круглоцилиндрической поверхности скольжения. Допускаемый коэффициент общей устойчивости сооружений в этом случае принят равным $K_{yc} = 1,0$.

Вычисленные значения коэффициента общей устойчивости сооружения на вращение по круглоцилиндрической поверхности скольжения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер центра скольжения	Значения коэффициентов скольжения
O_1	$K_1 = 1,11$
O_2	$K_2 = 1,21$
O_3	$K_3 = 1,23$
O_4	$K_4 = 1,22$

На основе этих результатов обследования и расчетов, наблюдаем такую картину, что напряжения в шпунте, несмотря на коррозионный износ, находятся в допускаемых рамках, в отличие от напряжений в анкерной тяге.

В результате комплексного обследования причала были выявлены серьезные разрушения, такие как:

1. Коррозионное утоньшение шпунтин порядка 15-25% от проектной толщины.
2. Локальные повреждения фасадной грани и поребрика оголовка, особенно в районе швартовых тумб.
3. Дефекты на отдельных шпунтовых стенках.
4. Выпучивание оголовка на 1 п.м. в сторону воды.

5. Недостаточное количество отбойных устройств.
6. Гидронапор за стенкой высотой порядка 0,8 м.

Исходя из вышеперечисленных дефектов причальной набережной, следует добавить, что возможность увеличения глубин без усиления конструкции не допускается.

В настоящее время рассматривается работа сооружения в стадии последнего резерва несущей способности, что соответствует наступлению предела текучести металла в области стенки, наиболее подверженной коррозии.

Для обеспечения требований безопасной эксплуатации и работы появилась необходимость в капитальной реконструкции причальной набережной.

Для рассматриваемой конструкции были выбраны два наиболее подходящих метода реконструкции.

1. Реконструкция в виде оторочки из заанкерowanego больверка.

Предварительно была подобрана шпунтовая стенка марки Ларсен III перед уже существующей стенкой. Проектное дно необходимо углубить на 2,0 м с устранением гидростатического напора с помощью дренажных устройств. На оторочку будет действовать силосное давление, а дополнительное распределенное реактивное давление грунта основания от существующей стенки учитывается грунтовыми стержнями [5].

2. Реконструкция с помощью закрепленного грунта.

За счет закрепления грунта засыпки и основания, например, цементацией, происходит улучшение физико-механических свойств грунта. При этом отсутствуют работы, связанные с перекладкой ж/д и крановых путей, и не требуется изготовление конструктивных элементов для реконструкции. Суть метода заключается в повышении физико-механических свойств грунта. Оно достигается применением вяжущих материалов, которые устанавливают более прочные связи между частицами грунта [5].

После дальнейших расчетов по этим двум вариантам реконструкции причальной набережной, будет принято решение о выборе окончательного варианта, с учетом необходимости восстановления ее несущей способности, повышения прочностных характеристик конструктивных элементов, соблюдения экологических и экономических условий.

При реконструкции причала следует отдать предпочтение тому конструктивному решению, при реализации которого эксплуатационная деятельность порта будет нарушаться в минимальной степени и строительно-монтажные работы будут выполнены в наиболее короткие сроки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. РД 31.31.86-86. Инструкция по усилению и реконструкции причальных сооружений / ММФ. М., 1987.
2. Паспорт причальной набережной. Череповецкий речной порт. Грузовые причалы на р. Ягорба. / ОАО «Череповецкий порт». СПб, 2013.
3. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния / Стандартиформ. М., 2012.
4. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003.
5. Николаевский М.Ю., Горгуца Р.Ю., Соколов А.В. Реконструкция причалов типа «больверк» путем изменения характера работы сооружения с распорного на гравитационное. Издательство: журнал «Гидротехника. XXI век» № 1 (17) 2014.
6. Коровкин В.С. Гидротехнические сооружения водных путей, портов и континентального шельфа. Расчет причальных сооружений типа больверк на статические нагрузки. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015.

ПОСТАНОВКА САМОПОДЪЕМНОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ В ОХОТСКОМ МОРЕ

Объектом работы является самоподъемная плавучая буровая установка (СПБУ) «GSP JUPITER», предназначенная для бурения разведочных и эксплуатационных скважин, расположенном на мелководном шельфе Охотского моря.

Цель работы – исследование поведения СПБУ при установке на морское дно с учетом действия ветра, течения и волнения методами математического моделирования, а также проверка условий безопасности СПБУ в экстремальных режимах.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что запасы нефти и газа на суше неуклонно истощаются, в то время как потребление этих ресурсов растет. Это приводит к необходимости более широкого освоения нефтегазовых ресурсов на морском шельфе.

Также, 6 июня 2015 года вышло постановление Правительства Российской Федерации о государственной программе «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2015-2030 годы», это подтверждает, что динамика освоения морских запасов углеводородов будет расти.

В данной работе используется морская буровая платформа – GSP JUPITER, прошедшая модернизацию в 2007 г. В соответствии с техническими и эксплуатационными характеристиками, СПБУ может осуществлять работы в сложных климатических условиях северных морей. Установка оснащена современным основным и вспомогательным буровым оборудованием, средствами контроля технологических процессов и соответствует как российским, так и международным требованиям промышленной и пожарной безопасности, а также охраны окружающей среды [1].

GSP JUPITER – самоподъемная буровая установка, на четырех опорах, с выдвижной консолью (рис. 1).



Рис. 1. СПБУ GSP JUPITER

Безопасность функционирования платформы определяется ограничениями, сформулированными требованиями Российского Морского Регистра Судоходства, представленными в «Правилах классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ», РМРС, 2014 г. [2].

Согласно нормам РМРС необходимо обеспечить:

- отсутствие опрокидывания платформы под действием внешней нагрузки;
- отсутствие горизонтальной подвижки платформы под действием внешней нагрузки;
- отсутствие дополнительной пенетрации опор в донный грунт после их «задавливания».

При опирании платформы на морское дно производятся расчеты устойчивости конструкции всего сооружения в целом при различных колебаниях внешних нагрузок. Расчет выполняется с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок или соответствующих им усилий.

Устойчивость против опрокидывания на грунте. Коэффициент запаса против опрокидывания СПБУ на грунте должен быть не менее:

$$K_{cap} = \frac{M_r}{M_{cap}} \geq 1,5, \quad (1)$$

где M_r – восстанавливающий момент от сил веса СПБУ, кНм; M_{cap} – суммарный опрокидывающий момент от экстремального воздействия внешних сил относительно плоскости опирания СПБУ на грунт, кНм.

Должна быть рассмотрена наихудшая комбинация восстанавливающего и опрокидывающего моментов в зависимости от состояния загрузки СПБУ, величины и направления экстремальных внешних воздействий.

При достаточно развитых по площади опорных поверхностях башмаков должно быть учтено наличие опорного момента, т.е. в качестве критериального следует рассматривать условие:

$$M_r / (M_{cap} - M_{sup}) \geq 1,5, \quad (2)$$

где M_{sup} – опорный изгибающий момент со стороны грунта, кНм.

Устойчивость при сдвиге. Коэффициент запаса против сдвига СПБУ на грунте должен быть не менее:

$$K_{sh} = \frac{Pf}{T} \geq 1,5, \quad (3)$$

где P – весовая нагрузка СПБУ, приходящаяся на одну опорную колонну, с учетом вытесненной воды; T – расчетное значение суммарной сдвиговой силы в районе основания; f – коэффициент трения опорной поверхности о грунт.

Должна быть рассмотрена наихудшая комбинация веса понтона в зависимости от состояния загрузки СПБУ и суммарной силы в зависимости от направления экстремальных внешних воздействий.

Устойчивость при просадке. Коэффициент запаса при просадке одной из колонн СПБУ в грунт должен быть не менее:

$$N_3 / N \geq K_{sub}, \quad (4)$$

где N_3 – усилие задавливания; N – расчетное значение суммарной осевой силы; $K_{sub} = 1,10$ для четырехопорных установок и 1,05 для трехопорных установок.

Должна быть рассмотрена наихудшая ситуация с точки зрения просадки колонн, поскольку именно это условие является наиболее часто критическим. Условие просадки определяет для трехопорных установок необходимое количества балласта влияет на объем и планировку помещений в понтоне [1].

Численный анализ внешних нагрузок на СПБУ под действием волнения, течения и ветра, а также анализ поведения платформы под действием внешних сил осуществлялся с помощью

специализированного программного комплекса «Anchored Structures», разработанного группой научных сотрудников Санкт-Петербургского государственного политехнического университета и имеющего действующий сертификат Российского Морского Регистра Судоходства №12.00874.314 от 20.03.2012 [3, 4].

В данной работе основное внимание уделяется двум аспектам: первое – снижение величины возможной нагрузки на сооружение, которое достигается наиболее благоприятной ориентацией корпуса по отношению к преобладающему направлению ветра, а так же подъемом корпуса над уровнем моря на высоту, недостижимую для максимальных волн на период бурения; второе – обеспечение надежной совместной работы опор и основания, слагаемого грунта морского шельфа, гарантирующей изменение величины смещения бурового инструмента в допустимых пределах. Для этого колонны снабжены специальными конструктивными элементами – опорными башмаками.

Несущая способность основания башмака СПБУ определяется деформационными и прочностными свойствами грунтов, подстилающих и окружающих заглубленную часть опоры. Проектное положение башмака достигается задавливанием его с поверхности донного грунта. Задавливание осуществляется в процессе балластировки СПБУ посредством принятия забортной воды в балластные емкости в количестве, необходимом для создания нагрузок на колонны, превышающих любые эксплуатационные [5].

Для этого в процессе математического моделирования, рассчитывается глубина вдавливания опорных колонн в донный грунт, а также подбирается объем балласта, чтобы с учетом характеристик донного грунта обеспечить устойчивость платформы под действием внешних нагрузок по критериям опрокидывания. Также учитываются подвижки и продавливание грунта под башмаками.

Таким образом, при использовании программного комплекса, в котором осуществляется моделирование поведения конструкции под действием внешних нагрузок, можно в короткий срок достичь поставленной цели.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Режим доступа: <http://www.mineral.ru/News/52222.html>
2. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ, РМРС, СПб, 2014 г.
3. Большев А.С., Фролов С.А., Михаленко Е.Б. Математическое моделирование поведения морских плавучих сооружений // Труды СПбГПУ, изд. СПбГПУ, 2007, №502.
4. Большев А.С. Кутейников М.А., Фролов С.А. Математическое моделирование морских плавучих объектов в программном комплексе “Anchored Structures”. Научно-технический сборник РМРС, вып.36, 2013, стр.68-90.
5. Галахов М. Н., Литонов О.Е. Плавучие буровые платформы: учебник. СПб.: Судостроение, 1981.

УДК 627

В.Н. Бухарцев, А.В. Кискин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SCAD ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ БЕТОННОГО СООРУЖЕНИЯ НА НЕСКАЛЬНОМ ОСНОВАНИИ

Оценка устойчивости бетонных сооружений против сдвига является первостепенной и главной задачей при проектировании. В настоящее время в мировой практике для оценки устойчивости массивных бетонных сооружений чаще всего используется расчетный метод, в котором предполагается, что при нарушении устойчивости сооружение перемещается по

плоскости подошвы прямолинейно поступательно [3, 4]. Этот метод основан на схеме предельных состояний, в которой сопоставляются активные сдвигающие силы, действующие на незаглубленное сооружение, и реактивные силы предельного сопротивления, способные мобилизоваться на поверхности сдвигов – контакте подошвы сооружения с основанием.

Под предельным состоянием понимается такое состояние сооружения, при котором в каждой точке поверхности сдвигов возникают предельные касательные напряжения, характеризуемые зависимостью Ш. Кулона

$$\tau = \tau_{np} = f\sigma + c, \quad (1)$$

где τ_{np} – предельное значение касательного напряжения на площадке контактной плоскости подошвы сооружения с основанием, σ – нормальное напряжение на той же площадке, $f = \operatorname{tg}\varphi$ и c – параметры прочности грунта основания [2].

Помимо линейного поступательного сдвига по плоскости подошвы сооружения довольно часто возникает опасность потери устойчивости сооружения по схеме сдвига с поворотом. Подробно метод расчета описан в [1].

При расчете в программном комплексе SCAD были смоделированы плита и грунтовое основание в соответствии с экспериментальной моделью, рассмотренной в [5]. А именно, модель, представляющая собой жесткий штамп с прямоугольной подошвой (соотношение сторон 3:1), загружена полосовой распределенной нагрузкой, интенсивностью $q = 13,9$ тс/м, приложенной по оси симметрии подошвы вдоль длинной стороны (рис. 1).

Основанием лабораторной модели служил разнозернистый песок с небольшим содержанием мелкого гравия диаметром до 5 мм. Удельный (объемный) вес песка – $1,65$ тс/м³, относительная плотность $D = 0,5$. В качестве измерительных приборов использовались мессдозы системы В.П. Бомбчинского, основанной на струнном методе измерения деформаций.

Грунтовое основание в программном комплексе SCAD моделировалось с помощью коэффициентов постели. Для расчета этих коэффициентов в программном комплексе существует специальная программа КРОСС, в которой определяются коэффициенты постели исходя из заданной нагрузки, данных геологических скважин и геометрии площадки. Далее, с использованием полученных коэффициентов постели был выполнен расчет плиты в SCAD и получено распределение давления фундаментной плиты на грунт основания. После этого снова производился экспорт плиты в КРОСС, определялись новые коэффициенты постели. Итерация выполнялась 3-4 раза.

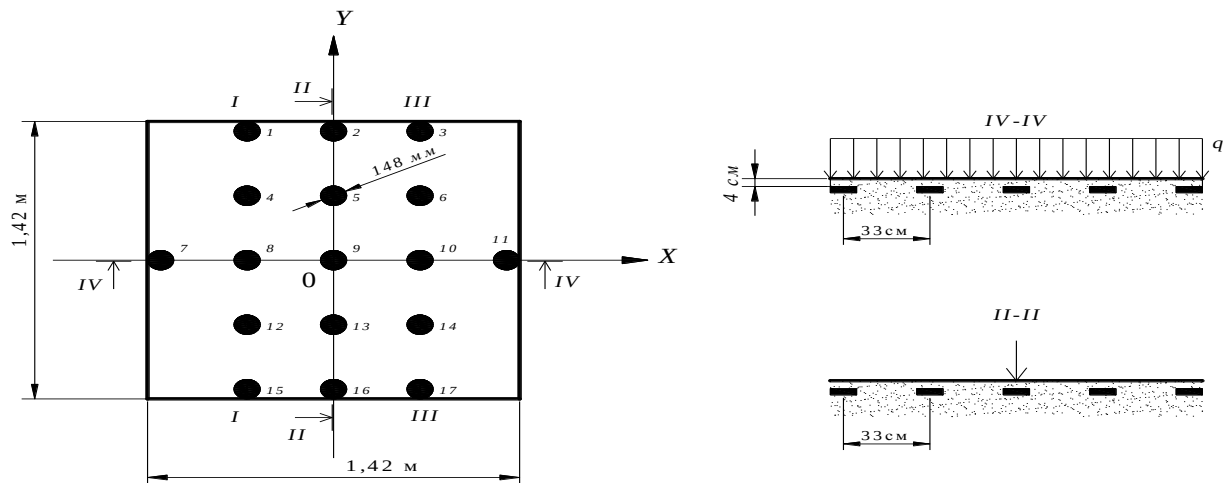


Рис. 1. Схема расположения мессдоз по площади средней трети подошвы модели.

Эпюра нормальных напряжений, полученная в программном комплексе SCAD, показана на рисунке 2.

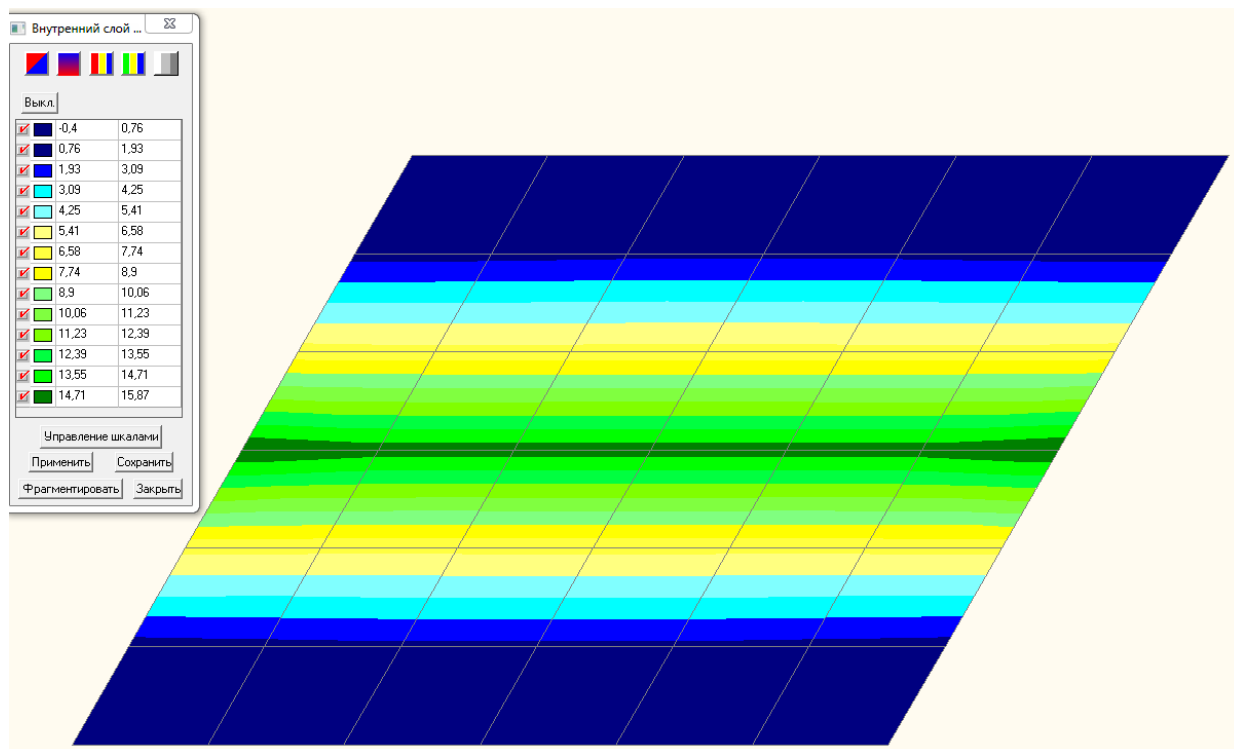


Рис. 2. Эпюра нормальных напряжений, построенная в программном комплексе SCAD

На рисунке 3 показано сопоставление эпюр нормальных напряжений, построенных в комплексе SCAD и полученных по методике [1]. Эпюры, построенные в [1], очень хорошо согласуются с результатами эксперимента, проведенного в [5].

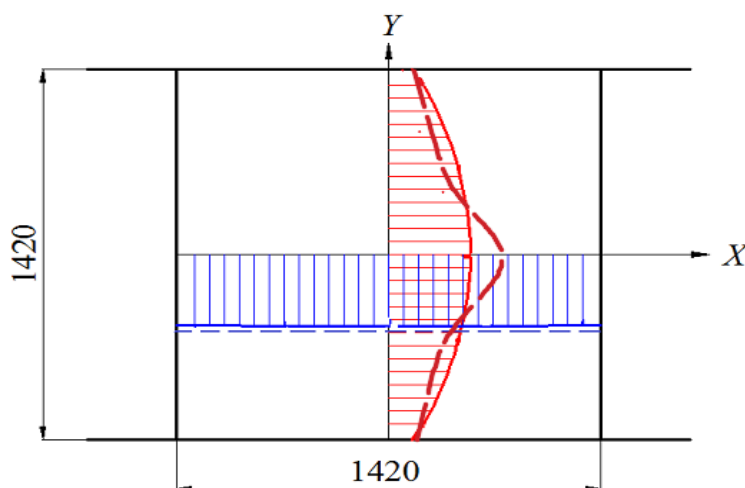


Рис. 3. Сопоставление эпюр нормальных напряжений, построенных в комплексе SCAD (пунктирные линии) и полученных по методике [1] (сплошные линии)

Сравнивая эпюры нормальных напряжений, представленные на рисунке 3 можно сделать вывод, что максимальные нормальные напряжения, рассчитанные в программном комплексе SCAD и по методике [1] близки по значению (разница составляет приблизительно 15%). Разница в результатах, скорее всего, связана с некоторой неточностью задания коэффициентов постели.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бухарцев, В.Н. Оценка устойчивости бетонных сооружений на нескальном основании [Текст] / В.Н. Бухарцев, Хуан Ву Мань // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 1. С. 57-64.
2. Бухарцев, В.Н. К определению расчетных значений параметров прочности грунтов [Текст] / В. Н. Бухарцев // Гидротехническое строительство. 2006. № 6. С. 27-30.
3. Горбунов-Посадов М.И., Кречмер В.В. Графики для расчета устойчивости фундаментов. М.: Госстройиздат, 1951.
4. СП 23.13330.2011 Основания гидротехнических сооружений// Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85.
5. Липовецкая, Т.Ф. Экспериментальные исследования распределения нормальных напряжений в подошве жестких фундаментов на мягких грунтах [Текст] / Т.Ф. Липовецкая // Труды координационных совещаний по гидротехнике. Вып. III / ВНИИГ им. Б. Веденеева. Л.: Госэнергоиздат, 1962. С. 22-51.

УДК 69.059.3

А.Н. Кононова, А.В. Смоленкова, В.И. Корсун
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОЭТАПНАЯ ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ В ПРОЦЕССЕ ЕЁ УСИЛЕНИЯ

Задачи ремонта и усиления строительных конструкций в условиях эксплуатируемых зданий являются весьма актуальными.

Цель данной работы – оценка несущей способности железобетонной многопустотной плиты перекрытия в процессе усиления на каждой стадии выполнения работ.

В качестве объекта для анализа выбран проект усиления сборного железобетонного перекрытия в пятиэтажном кирпичном здании городской больницы при устройстве кабинета компьютерной томографии. Реконструируемое здание детского отделения ЦГБ эксплуатировалось в течение около 40 лет. По плану технического перевооружения медучреждения был предусмотрен капитальный ремонт помещений, в состав которого входило усиление участка перекрытия, обусловленное необходимостью увеличения его несущей способности для восприятия дополнительных нагрузок от вновь устанавливаемого оборудования.

По результатам обследования технического состояния конструкций здания было установлено, что признаки повреждений конструкций перекрытий отсутствуют, прочность бетона в плитах соответствует проектному классу В25. Техническое состояние конструкций плит перекрытия квалифицировано как нормативное [6]. Размеры пустотных плит перекрытий, подлежащих усилению, согласно результатам натурных обмеров составили 940×220×5980 мм и соответствовали размерам типовых пустотных плит серии 1.141 [3].

Рассмотренная схема усиления многопустотной железобетонной плиты перекрытия представляет собой вариант классического способа увеличения несущей способности пустотных плит методом наращивания сечения при полной разгрузке усиливаемой конструкции [7]. Усиление осуществляется путем устройства в пустотах и поверх существующих конструкций пустотных плит дополнительных элементов монолитного перекрытия, воспринимающих действующие нагрузки совместно с существующими конструкциями усиливаемого перекрытия (рис. 1, а, б, в). При этом сохраняемые участки усиливаемых пустотных плит играют роль несъемной опалубки при устройстве монолитных железобетонных элементов усиления.

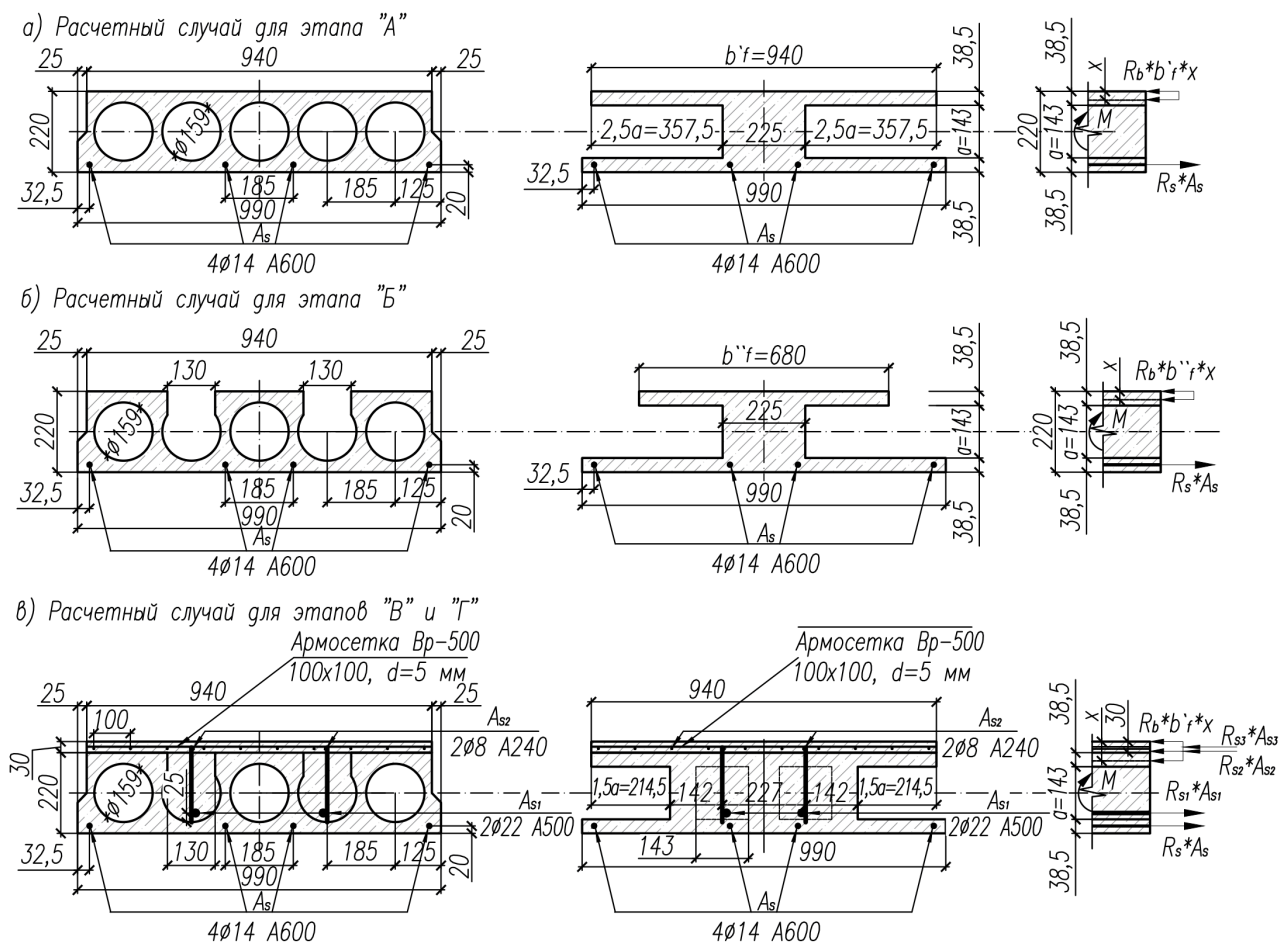


Рис. 1. Расчётные сечения и схемы усилий соответственно этапам работы железобетонной плиты:
 а – этап «А»: плита до усиления, соответствует проектным характеристикам конструкции;
 б – этап «Б»: плита в процессе усиления при удалении части бетона в сжатой зоне;
 в – этапы «В», «Г»: плита после усиления, соответственно до и после набора прочности бетоном

Расчёты несущей способности плиты перекрытия выполнены для четырех характерных этапов работы конструкции в соответствии с методикой СП 63.13330.2012 [4]. Подсчет нагрузок представлен в таблице 1. Расчетные значения несущей способности плиты сопоставлялись с наибольшими значениями изгибающих моментов в середине пролета для расчетных этапов «А», «Б», «В» и «Г», описанных в таблице 2.

Исходные данные. Пустотная железобетонная плита размерами $940 \times 220 \times 5980$ мм изготовлена из бетона класса В25, рабочая арматура принята класса А600 диаметром профиля 14 (рис. 1, а). Расчетная схема работы – однопролетная шарнирно опертая балка.

Усиление плиты произведено путём последовательного выполнения следующих видов работ: устройства пробоев в верхней полке вдоль продольных цилиндрических каналов (рис. 1, б), последующей установки в подготовленные пустоты двух дополнительных арматурных каркасов (продольное армирование в каждом каркасе – Ø22 А500, Ø8 А240) и арматурной сетки 100×100 (Вр-1 Ø5) поверх всей плиты. Вся конструкция омоноличивается бетоном класса В25 (рис. 1, в) с устройством дополнительного слоя бетона толщиной 30 мм поверх усиливаемой плиты.

Таблица 1

Подсчет нагрузок

Шифр этапа	Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, кН/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Расчетная нагрузка, кН/м ²
П0	Постоянная: от веса плиты	2,81	1,1	3,09
П1	от веса плиты с элементами усиления	4,51	1,1	4,96
П2	от веса слоя керам. плитки	0,27	1,2	0,32
	Дополнительная нагрузка от элементов усиления (П1+П2-П0):	1,97	1,1	2,17
В1	Полезная согласно [5]:	2,5	1,2	3,00
В2	От веса оборудования: - от томографа	2,44	1,05	2,56
В3	- от стола	0,89	1,05	0,93

Таблица 2

Расчетные усилия и значения несущей способности плиты

Шифр этапа	Расчётный случай	Высота сжатой зоны, см	Изгибающий момент, воспринимаемый сечением плиты, кН·м	Максимальный изгибающий момент в расчетном сечении от нагрузок, кН·м
А	Плита до усиления, характеристики соответствуют проекту	2,35	57,65 / 1,00	54,82 / 1,00
Б	Плита разгружена и ослаблена пробоинами вдоль пустот	3,24	56,22 / 0,97	25,93 / 0,47
В	Плита ослаблена и нагружена свежесуложенным бетоном усиления	2,71	56,22 / 0,97	35,58 / 0,65
Г	Плита усилена, бетон усиления включён в работу, нагрузки – с учетом веса оборудования	4,06	125,14 / 2,17	97,0 / 1,77

Примечание: под чертой – значения в относительных величинах.

Все необходимые для расчетов характеристики механических свойств бетона и арматуры принимались согласно СП «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» [4]. Сбор нагрузок осуществлялся в соответствии со СП «Нагрузки и воздействия» [5]. Габаритные размеры и вес оборудования приняты согласно техническому паспорту и составляют: 1050×2050×2200 мм и 1330 кг для генератора, 630×450×2690 мм и 485 кг для стола пациента.

Выводы. Планируемое увеличение расчетной нагрузки на плиту перекрытия от веса нового оборудования приведет к повышению расчетных усилий на 77% в сравнении с исходными проектными нагрузками. При принятом способе усиления пустотной железобетонной плиты перекрытия временное ослабление сечения устройством пробоин обуславливает снижение несущей способности не более 3%. Последующее усиление конструкции обеспечивает, после набора прочности бетоном, повышение несущей способности более чем в два раза, что является достаточным решением поставленной задачи.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Рощина С.И., Гоньшаков А.Г., Попова М.В., Лукин М.В., Сергеев М.С. Ремонт и усиление конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие. Владимир, 2014. 136 с.
2. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. Атлас схем и чертежей. Томск, 1990 г. 320 с.
3. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Серия 1.141-1. Панели перекрытий железобетонные многпустотные. Выпуск 13. Предварительно напряженные панели с круглыми пустотами длиной 598 см, шириной 149, 119 и 99 см, армированные стержнями из стали класса А-IV. Методы натяжения – механический и электротермический. ЦНИИЭП жилища совместно с НИИЖБ Госстроя СССР. М.:1971 г. 45 с.
4. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М., 2012. 161 с.
5. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.:2011. 36 с.
6. ГОСТ Р 53778–2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М. 2010. 62с.
7. Альхименко А.И. и др. Гидротехнические сооружения морских портов. СПб: Изд-во «Лань», 2014. 427 с.

УДК 627

А.М. Кобринец

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОРСКИЕ ПЛАВУЧИЕ БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ

Цель данной работы – создание системы удержания полупогружной плавучей буровой установки (ППБУ), способной функционировать в ледовых условиях северных морей России.

Для достижения поставленной цели в первую очередь необходимо выбрать конструкцию ППБУ, ее габариты и другие характеристики, необходимые для выполнения последующих расчетов [1, 2].

Северные моря России характеризуются тяжелыми ледовыми условиями и соответственно большими действующими на сооружения ледовыми нагрузками. Эти нагрузки могут быть существенно понижены за счет выбора формы корпуса платформы в районе ледовых воздействий. В свою очередь обеспечение ледостойкости платформ и, соответственно, продление периода бурения за счет возможности удержания платформы на точке до определенного предела нагрузок в период воздействия на нее ледовых образований имеет большое значение [3, 4].

При проектировании ледостойких платформ применяется несколько основных приемов уменьшения воздействия льда на сооружение: уменьшение числа опорных элементов в районе ватерлинии; устройство защитных конструкций вокруг опор; придание внешней поверхности корпуса (или защитной конструкции) конической или иной формы, способствующей разрушению льда от изгиба [4, 5].

В данной работе глубина моря в районе предполагаемого месторождения составляет 200 м, а для заданных суровых природно-климатических условий будут рассматриваться два основных типа ледостойких плавучих оснований.

К первому типу относятся полупогружные платформы катамаранного типа, основным представителем которого на сегодняшний день является ППБУ шестого поколения «Полярная звезда», построенная Выборгским судостроительным заводом.

Конструктивно «Полярная звезда» представляет собой самоходное морское сооружение с двумя понтонами и шестью стабилизирующими колоннами, поддерживающими верхнее строение (рис. 1).

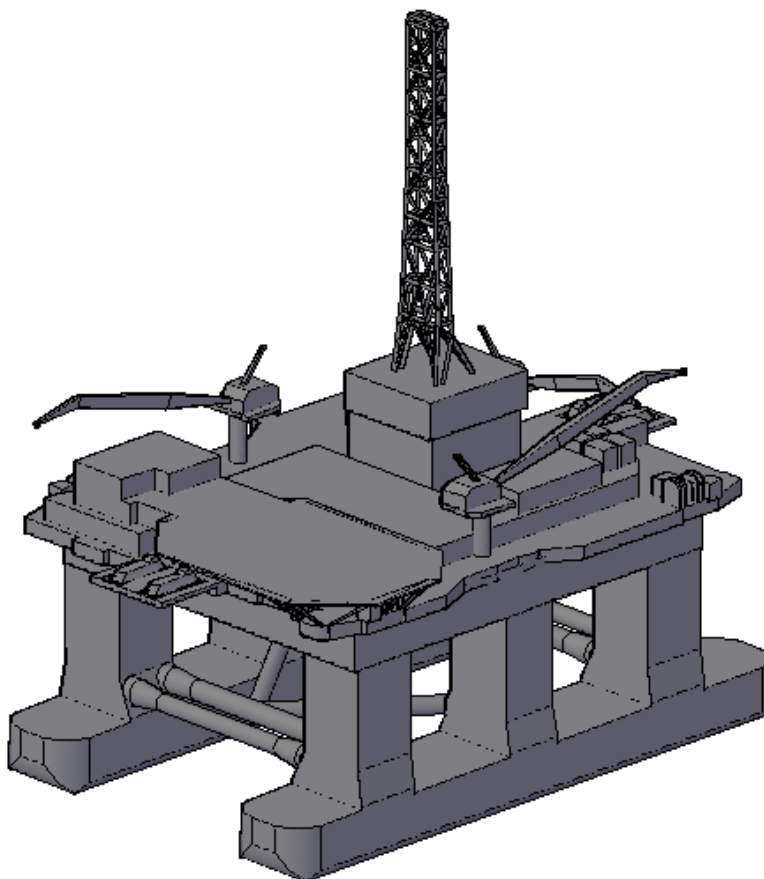


Рис. 1. Трехмерная модель ППБУ «Полярная звезда»

Корпуса понтонов имеют ложкообразную форму днища носовой и кормовой конечностей, что обеспечивает снижение давления льда. Кроме этого, нижняя часть корпуса, состоящая из четырех горизонтальных поперечных и четырех горизонтальных диагонально расположенных ферм, находится ниже уровня ватерлинии, что также снижает ледовую нагрузку на корпус сооружения. Однако, ППБУ «Полярная звезда» спроектирована для эксплуатации в дрейфующем тонком однолетнем льду толщиной до 70 см, и можно сделать вывод, что ледовые нагрузки на вертикальные колонны в условиях северных морей России будут достаточно велики [6, 7].

Ко второму типу ледостойких плавучих оснований относятся ППБУ, имеющие коническую форму корпуса. Таким образом, в данной работе помимо ППБУ катамаранного типа предлагается использовать ППБУ с обратным конусом в зоне воздействия льда (рис. 2). Стоит отметить, что данная конструкция на сегодняшний день находится на стадии концептуального проекта.

Специально разработанная форма корпуса в виде конуса (имеет шесть отсеков, образующих шесть граней конуса), сужающегося к низу, является основной особенностью установки такого типа. При контакте с сооружением лед разрушается от изгиба, а максимальная нагрузка соответствует моменту разрушения льда.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

- платформы катамаранного типа можно использовать только в условиях битых льдов;
- платформы, имеющие в районе воздействия льда конструкцию, представляющую собой обратный конус, более ледостойки.

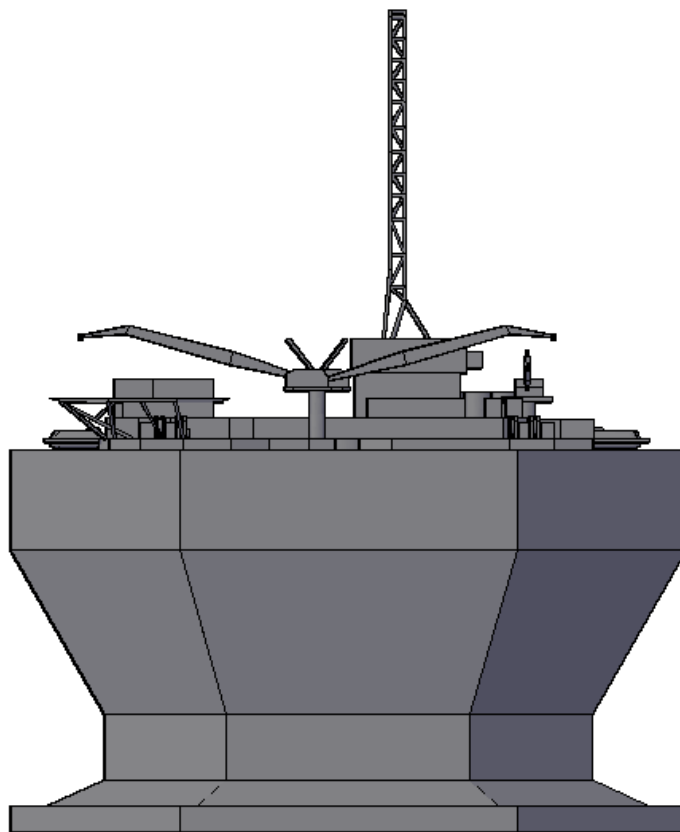


Рис. 2. Вид трехмерной модели ППБУ с коническим корпусом

Таким образом, с точки зрения минимизации ледовых нагрузок, оптимальной может быть названа конструкция, имеющая в месте контакта со льдом наклонную (конусообразную) бортовую обшивку. Предложенная конструкция является оптимальной для суровых природно-климатических условий северных морей России и способна выдержать тяжёлые ледовые условия.

На следующих этапах научно-исследовательской деятельности будет выполнено математическое моделирование поведения вышеописанных платформ в ПК «Anchored Structures» при различных внешних условиях. Особое внимание будет уделяться динамике взаимодействия сооружения со льдом [8, 9].

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 7th International Offshore and Polar Engineering Conference. Part 3 (of 4), United States. Honolulu, HI, USA, 1997, pp. 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, pp. 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, pp. 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 СПбГПУ, 2007. № 49. С. 74-79.

УДК 626

М.О. Иванов, Н.Д. Беляев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ШЛЮЗА ВОЛХОВСКОГО ГИДРОУЗЛА

Проблемой, для осуществления полной, рентабельной работы регионального речного терминала «Котовицы» является несоответствие существующих судоходных условий международным стандартам. Проведен анализ современной классификации европейских внутренних водных путей в связи с проблемой унификации габаритов судовых ходов и судопропускных сооружений, а также эволюции унифицированных европейских судов [1]. Решением данной проблемы является улучшение судовых условий на реке Волхов и модернизация Волховского шлюза.

Одним из вариантов решения данной проблемы является строительство ступенчатого шлюза [2]. В статье представлен расчет пропускной способности шлюза при такой компоновке [3]. Данный способ является не единственным, поэтому в работе рассматривается и другой вариант – строительство второй нитки Волховского гидроузла.

На Волховском шлюзе слишком маленькая глубина порога со стороны нижнего бьефа для пропуска габаритных судов с высокой грузоподъемностью [7]. Рассматриваются два способа модернизации:

1. Строительство дополнительного шлюза в нижнем подходном канале.
2. Строительство второй нитки Волховского гидроузла.

По окончании строительства пропускная способность шлюза должна соответствовать международному классу. Для первого варианта необходимо увеличить глубину порога, как со стороны нижнего бьефа, так и со стороны верхнего до отметки 4,70 м. Для решения данной задачи предлагается строительство такой же по габаритам второй камеры со стороны нижнего бьефа, таким образом, чтобы дно шлюза находилось ниже осадки выбранного судна, которое соответствует международному классу.

Для расчетов выбрана подходящая по полезным габаритам камеры шлюза несамоходная сухогрузная баржа Проекта 82 «Сталь» г/п 4300 т и буксир-толкач Проекта 81 мощностью 1492 кВт. В таблице 1 представлены их характеристики.

Таблица 1

Характеристика судна

Характеристика	Проект 82	Проект 81
Длина	97,5 м	25,15 м
Ширина	16,15 м	10,7 м
Осадка	3,6 м	3,2 м
Водоизмещение	5280 т	365 т

Для того чтобы данное судно проходило, нужно посчитать отметку дна нового шлюза которую можно получить, если от отметки минимального уровня воды в нижнем бьефе вычесть осадок проектного судна умноженный на коэффициент 1,3; $4,2 - 1,3 \times 3,6 = -0,48$ м. Округлим значение отметки уровня дна шлюза до минус 0,5 м.

В соответствии с требованиями СНиП 2.06.07-87 верхняя отметка стен шлюза должна быть на 2 м выше отметки максимального уровня воды в нижнем бьефе и она равна 9,71 м. Отметки верхнего и нижнего подходных каналов: $\downarrow$ ВПК = 10,95; $\downarrow$ НПК = -0,50.

Выбор системы питания нового шлюза выполнен на основании экономического анализа. Предлагается оставить ворота створчатого типа, чтобы наполнение второй камеры происходило через открытые ворота по старой системе [6]. Для уменьшения время пропускной способности, в данной работе предусмотрено вакуумное швартовое устройство, которое дает возможность увеличить гидродинамическую нагрузку и, тем самым, сократить общее время наполнения и опорожнения камеры [4]. Данные расчётов наполнения и опорожнения приведены в таблице 2.

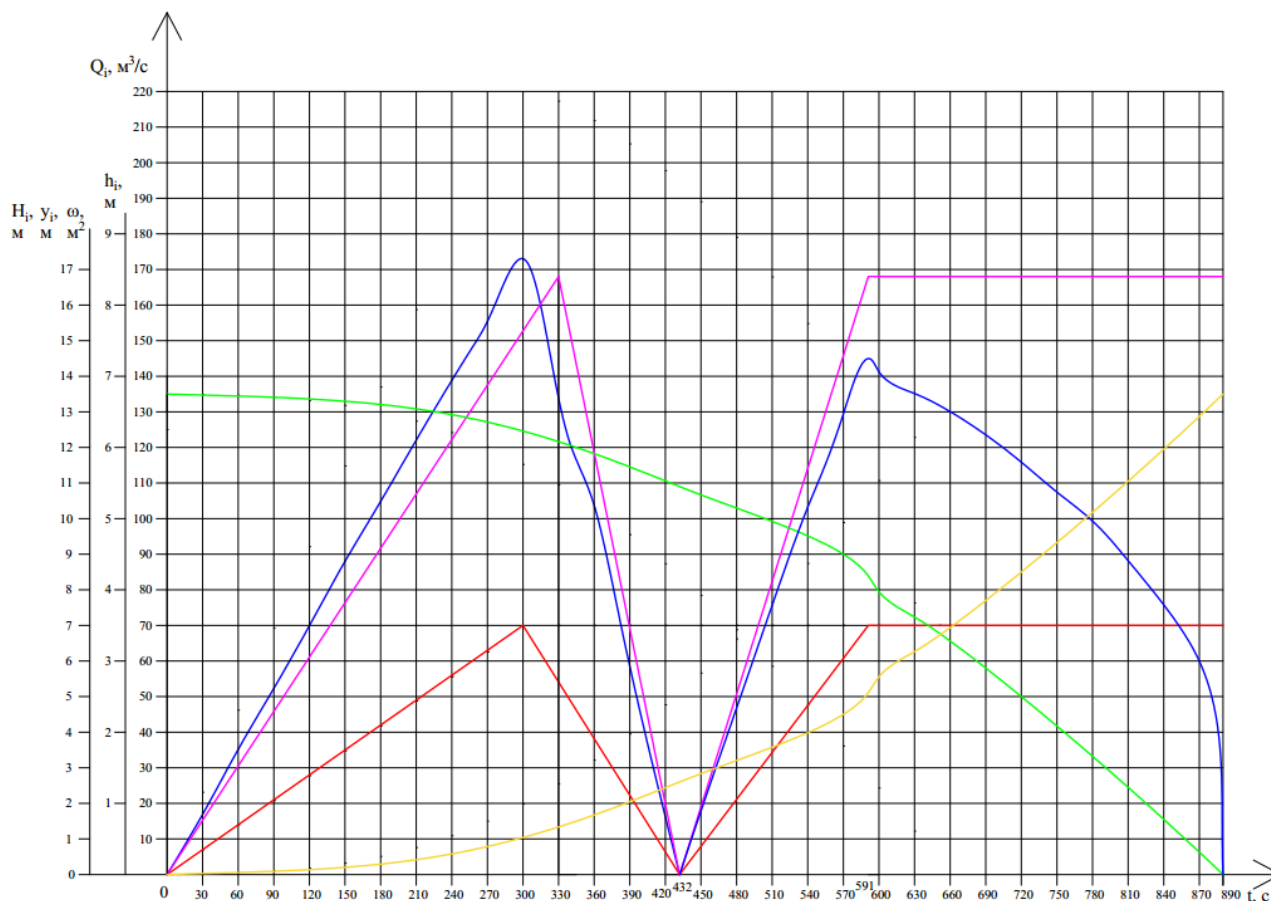


Рис. 1. График гидравлического расчета камер шлюза

— $H_i(t)$ — $y_i(t)$
 — $Q_i(t)$ — $h_i(t)$ — $\omega_i(t)$

Гидравлический расчёт наполнения камеры шлюза

t, c	h_i, m	w_i, m^2	$Q_i, m^3/c$	$\Delta y, m$	$\sum y, m$	y_i, m	H_i, m
0	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	13,500
30	0,348	1,670	17,6706	0,0035	0,0035	0,6361	13,493
---	---	---	---	---	---	---	---
432	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,2763	10,6272	10,918
---	---	---	---	---	---	---	---
890	3,500	16,800	0,0000	0,0000	0,0000	13,5000	0,000

В таблице приняты следующие обозначения: t – время наполнения камеры, $t = 890$ с; шаг по времени – 30 с; ω – площадь, $\omega = (b + b)h_i$, h – высота подъема затворов галерей, $h = 3,5$ м; b – ширина галерей, $b = 2,40$ м; h_i – высота подъема затвора в определённый момент времени; Q_i – расход воды, $Q = \mu \omega \sqrt{2gH}$; μ – коэффициент расхода, $\mu = 0,65$; g – ускорение свободного падения; Δy – уровень приращения воды в камере; $\Delta y = Q_i/\Omega$; Ω – площадь зеркальной поверхности камеры, $\Omega = BL$; $\sum \Delta y$ – общая сумма приращения уровня воды в камере; H – напор, $H = 13,5$ м; H_i – изменение напора за определённый промежуток времени; y_i – уровень в камере; $y_i = H - H_i$.

Для наполнения и опорожнения второй нитки камеры шлюза принята система водопровода с донной распределительной галереей. Помимо этой основной системы наполнения в верхней голове, с речной стороны, расположена дополнительная водопроводная галерея, обеспечивающая впуск воды со стороны верхового канала, а выпуск в камеру через стенку падения по оси шлюза. Выпуск воды в нижний канал в окончательном проекте будет выполнен в виде двух галерей, устроенных в стенах нижней головы.

Для установления основных размеров элементов водопроводной системы шлюза, при которых будут обеспечены наполнение и опорожнение камер в течение определенного времени, отвечающего пропуску через шлюз заданного грузооборота, выполнен гидравлический расчёт для наполнения камеры второй нитки [8-10]. В результате расчёта получено время наполнения камеры равно 730 с.

В результате сравнительного анализа двух способов модернизации Волховского гидроузла был выявлен лучший вариант с точки зрения обеспечения пропускной способности. Вариант строительства второй нитки оказался наиболее предпочтительным, потому, что время прохождения судов через шлюз в этом случае равно 730 с, а не 890 с как в другом варианте.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Харламова Ю.А. Мировая транспортная система // Московский государственный университет путей сообщения (Москва). 2014. С. 126.
2. Мильцын Д.А. Динамика потока воды, возникающего при опорожнении камеры судоходного шлюза // Инженерно-строительный журнал. 2014. №2(28). С. 61-67.
3. Сазонов А.А., Добровольский В.С. Некоторые методы берегающих технологий при шлюзовании судов на многоступенчатых шлюзованных системах // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2013. №29. С. 90-93.
4. Бутин В.П. Автоматизация швартовки судов при их шлюзовании // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2010. №3. С. 31а-42.
5. Гапеев А.М., Гарибин П.А., Клюев В.В. Водные пути и гидротехнические сооружения, их эксплуатация и ремонт (Волго-Балтийский водный путь). Учебное пособие. СПб.: СПГУВК, 2005 201 с.
6. Гапеев А.М. Дипломное проектирование. Судоходный шлюз в составе гидроузла. СПб.: ФГОУ ВПО СПГУВК, 2008 24 с.

7. Гарибин П.А., Головков С.А., Ларионов С.В., Ткачев Р.Ю. Судходные шлюзы для регионов с дефицитом водных ресурсов.
8. Кононов В.В. Методические указания для гидравлического расчета судходных шлюзов при курсовом и дипломном проектировании. Л.: ЛИВТ, 1979. 70 с.
9. Кононов В.В. Гидротехнические сооружения водных путей, портов и континентального шельфа. Судходный канал и бетонный шлюз (часть 1). Учебно-методическое пособие. СПб.: СПГУВК, 2009 141 с.
10. Беляев Н.Д., Гарибин П.А., Загрядская Н.Н. Сооружения водного транспорта. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 1995.

УДК 626

Е.Ю. Курило, А.М. Павлов, Д.А. Шарапов
Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого

СТАБИЛИЗАЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕДОВЫХ ОСТРОВОВ ГРАВИТАЦИОННОГО ТИПА НА НЕСКАЛЬНЫХ ОСНОВАНИЯХ

В настоящее время в Российской Федерации интенсивно развивается нефтедобывающая отрасль [1]. В частности, происходит активное освоение арктического шельфа [2]. Для добычи и разведки полезных ископаемых используются различные сооружения: плавучие и стационарные буровые платформы, искусственные грунтовые и ледовые острова [3]. Для расчетов всех типов сооружений, за исключением конструкций из льда существует нормативная база. Для искусственных ледовых островов (ИЛО) база стандартов ограничена [1]. Однако тенденции развития арктического региона и повышения требований к защите окружающей среды формируют предпосылки к ее созданию, так как использование льда в качестве строительного материала значительно снижает риск загрязнения территории Арктики.

Основной целью расчета таких сооружений является определение устойчивости сооружения при различных условиях. В данной работе была поставлена задача выявить зависимость между отметкой дна (глубиной) и высотой надводной части острова в момент опирания сооружения на дно, а также оценить тип сдвига и максимальные нагрузки на острова гравитационного типа.

Определение зависимости между глубиной и высотой надводной части острова выполнено на примере параметров Карского моря, согласно РД 31.31.52-89 «Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации ледяных причальных сооружений». Данную зависимость можно выявить, используя расчет на всплытие:

$$\gamma_{lc} P_B \leq G \frac{\gamma_c}{\gamma_n}, \quad (1)$$

где γ_{lc} , γ_c , γ_n – коэффициенты сочетания нагрузок ($\gamma_{lc} = 1$), условия работы ($\gamma_c = 1,15$), надежности по ответственности соответственно ($\gamma_n = 1,2$); P_B – подъемная сила; G – вес сооружения над водой;

$$P_B = V (\rho_B g - \rho_L g); \quad (2)$$

$$V = \pi R^2 h_H; \quad (3)$$

$$G = \pi R^2 h_H g, \quad (4)$$

где V – объем сооружения под водой; ρ_B, ρ_L – плотность морской воды и льда соответственно ($\rho_B = 1030 \text{ кг/м}^3$, $\rho_L = 917 \text{ кг/м}^3$); h_H , h_H – высота острова над водой (глубина) и под водой соответственно; g – ускорение свободного падения ($g = 1 \text{ м/с}^2$).

При подстановке (2), (3), (4) в (1) получим зависимость высоты надводной части ИЛО от отметки дна, отображенной в формуле (5) и на графике, представленном на рис. 1:

$$\frac{h_{\Pi}}{h_{\Pi}} \leq 7,78 . \quad (5)$$

Для определения типа сдвига (плоский, смешанный, глубинный) была использована методика расчета [4]. Проверка на сдвиг зависит от типа грунта основания, на котором будет установлено сооружение. Для пылеватого песка требуется проверка по условию:

$$N_{\sigma} = \frac{\sigma_m}{b \gamma_{\text{гр}}} \leq N_0 , \quad (6)$$

где N_{σ} – число моделирования; σ_m – нормальное напряжение при ширине b ; b – размер стороны прямоугольной подошвы, параллельно сдвигающей силе, ($\gamma_{\text{гр}}$ – удельный вес грунта по подошвой, N_0 – безразмерное число, принимаемое $N_0 = 1$ для плотного песка основания.

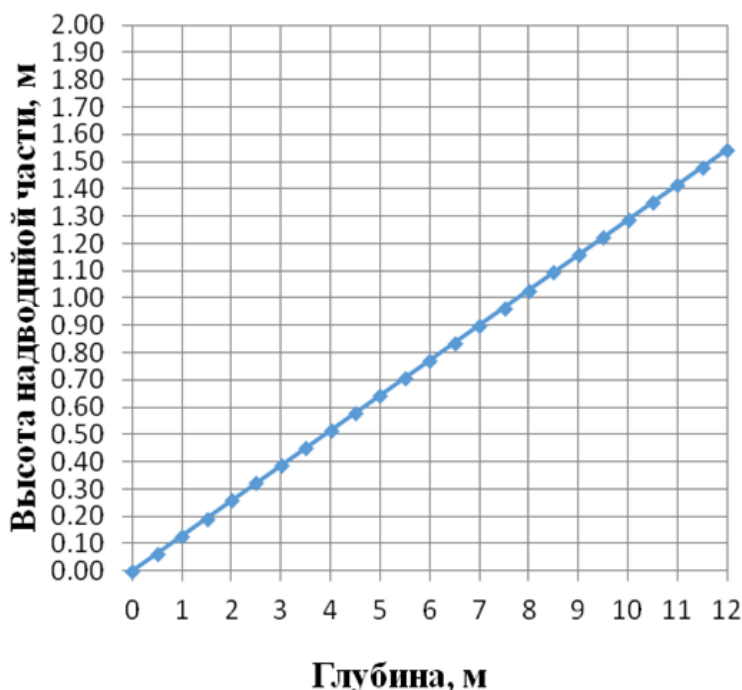


Рис. 1. Зависимость глубины и надводной части острова

После преобразований, учитывая цилиндрическую форму острова, согласно правилам сопротивления материалов и условиям, выявленным на рис. 1, из (6) получим:

$$N_{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{R^3 \pi^{3/2} \gamma_{\text{гр}}} \leq N_0 , \quad (7)$$

где $\sum_{i=1}^n N_i$ – суммарная нагрузка, действующая на подошву основания.

Подставив все значения в (7) получаем зависимость числа моделирования от размеров острова для нагрузки на поверхность острова, представленную на рис 2.

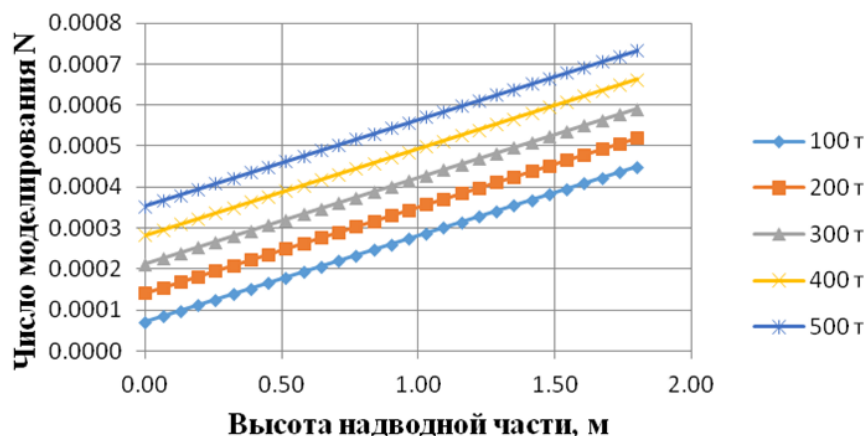


Рис. 2. Зависимость числа моделирования от высоты надводной части

При подсчете по формуле (7) полезная нагрузка была взята в диапазоне от 100 т до 500 т. Радиус острова был принят 200 м. Данный размер острова позволяет уместить на нем все необходимые хозяйственно-бытовые и жилищные сооружения, оборудование и складские зоны.

Из рисунка 2 можно сделать вывод, что в случае ИЛО на ровном основании, составленном из пылеватого песка, всегда будет осуществляться расчет по схеме плоского сдвига.

Для проверки острова на сопротивление плоскому сдвигу необходимо провести расчет по [5, формулы (50), (51)]. Однако также следует отметить, что для осуществления подсчета нагрузки ото льда, края острова необходимо защитить от разрушающего воздействия ледяного поля [6, 7]. Значение расчетного предельного сопротивления острова при плоском сдвиге и сдвигающая сила представлены на рисунке 3.

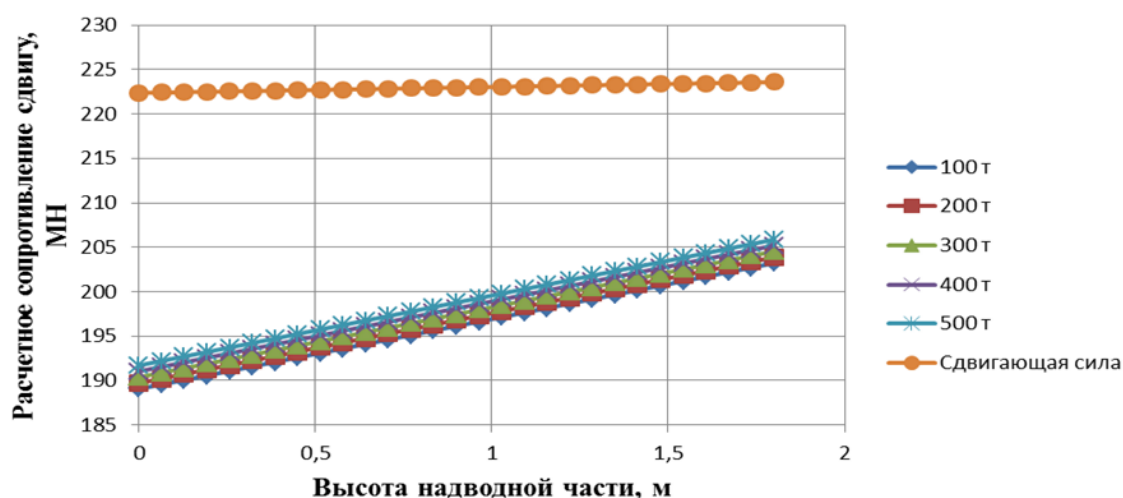


Рис. 3. Зависимость сопротивления сдвигу от высоты надводной части

Выводы. Была получена зависимость надводной части острова и глубины. Однако данное соотношение зависит от характеристик воды и льда местности, в представленном случае – Карского моря. При центральном загрузении ИЛО гравитационного типа на ровных основаниях, сложенных из пылеватых песков расчет всегда будет выполняться по схеме плоского сдвига. А также, при условии возведения рассматриваемых сооружений в Карском море, значение сдвигающей силы будет больше расчетного сопротивления острова сдвигу. В связи с этим необходимо предпринимать меры по защите острова от действия сдвигающей нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Курило Е.Ю., Павлов А.М., Иванов М.О., Шарапов Д.А. Целесообразность использования искусственных ледовых островов в арктических условиях для разведочного бурения // Синергия наук, 2016 г., №6, С. 321-326
2. Горгуца Р.Ю., Окунев С.Н., Соколов А.В. Обеспечение устойчивости и прочности ГТС в условиях крайнего Севера с применением сезонно действующих систем замораживания грунтов // ГТС водного транспорта. Проектирование, строительство, 2014 г., С. 54-57
3. Симаков Г.В., Шхинек К.Н., Смелов В.А., Марченко Д.В., Храпатый Н.Г. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе // 1989 г., с. 328
4. СП 23.13330.2011. Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85; Введ. с 20.05.2011
5. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82; Введ. с 01.01.2013
6. Шарапов Д.А., Шхинек К.Н., Большев А.С., Горизонтальные ледовые нагрузки на вмерзшие сооружения // Сборник Российского морского регистра судоходства, 2012 г., с.75-84
7. Sharapov, D. Horizontal ice loads from the level ice on freeze-in into the ice floating structures, Monograph; Pages: 202, University of Cadiz, 2015

УДК 627

Н.Н. Гаврилов, Д.А. Шарапов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИЧАЛ ЯЧЕИСТОЙ КОНСТРУКЦИИ НА КАРСКОМ МОРЕ

В последние десятилетия происходит активное освоение арктического шельфа Российской Федерации [5, 7].

Одной из перспективных конструкций ГТС являются ячеистые конструкции, которые состоят из одной или более ячеек, заполненных грунтом и выполненных из плоского стального шпунта или стального листа. Основным несущим элементом ячеистой конструкции является дешевый грунт внутреннего заполнителя, который в большинстве случаев намывается в ячейки непосредственно со дна в районе строительства, либо с близлежащих районов. Сооружения из ячеек могут возводиться на любом основании. Они технологичны, не требуют применения кранов большой грузоподъемности. Важным достоинством ячеистых конструкций является то, что их можно возводить со льда.

Применение в современном гидротехническом строительстве ячеистых конструкций позволяет сэкономить значительные объемы бетона, сократить сроки строительства и в целом существенно уменьшить стоимость строительства по сравнению не только с массивными конструкциями, но и со многими типами облегченных конструкций.

Ячеистые конструкции применяются для возведения практически всех типов гидротехнических сооружений. Появление плоского шпунта с большим расчетным сопротивлением замков на разрыв позволяет возводить сооружения из ячеек на больших глубинах и в районах с суровыми ледовыми условиями [1, 3].

В рамках работы будет запроектирован причал для расчётного судна – плавучей регазификационной установки (ПРГУ) «Independent».

Основные размеры цилиндрических ячеек (рис. 1) определяются из условия их устойчивости и прочности несущих элементов при воздействии горизонтальных нагрузок и собственного веса конструкции с учетом эксплуатационных нагрузок на его территории.

Глубина погружения шпунта в грунт основания определяется расчетом устойчивости на плоский сдвиг или по круглоцилиндрической поверхности (рис. 2) [2].

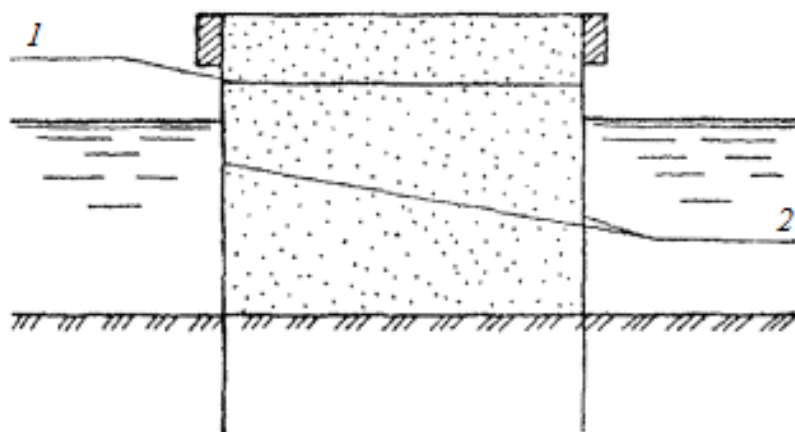


Рис. 1. Цилиндрическая ячейка:
1 – песчаная засыпка; 2 – цилиндрическая ячейка

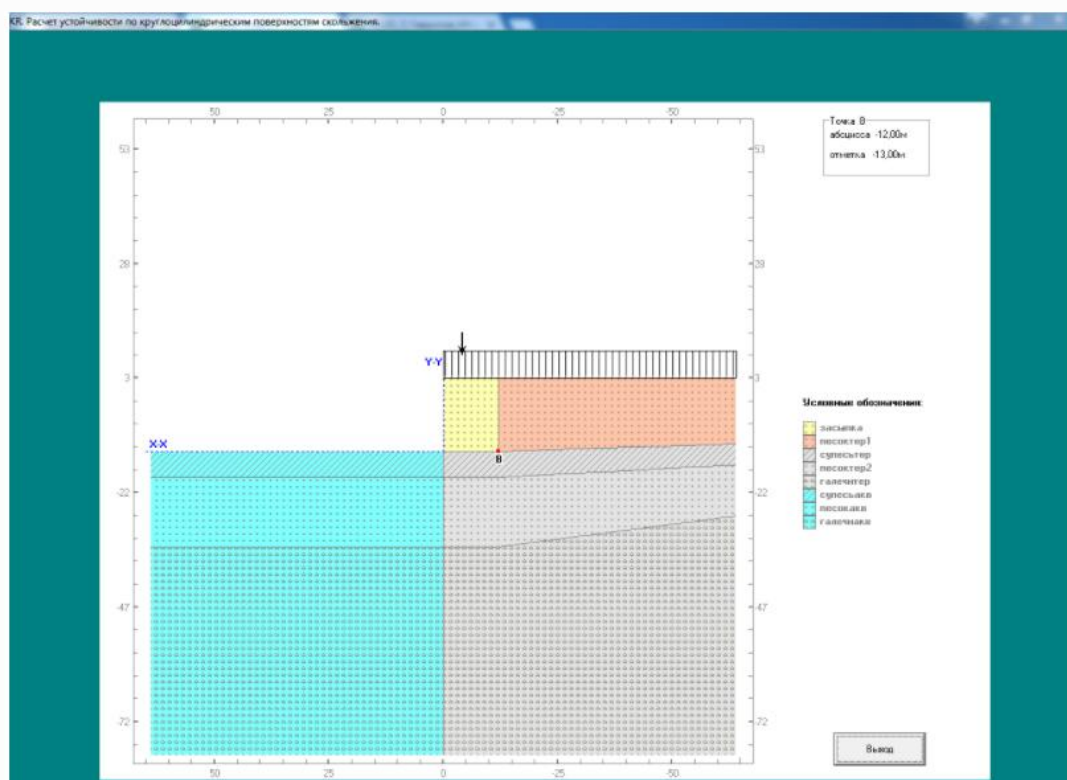


Рис. 2. Исходная схема для расчета по круглоцилиндрической поверхности в SKAD

Диаметр цилиндрической ячейки определяется из условия устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости при воздействии горизонтальных нагрузок без учета временно распределенных нагрузок на территории.

$$\gamma_{1c} M_t \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} M_r, \quad (1)$$

где γ_{1c} – коэффициент сочетаний нагрузок; γ_c – коэффициент условий работы; γ_n – коэффициент надежности по ответственности (назначению) сооружения; M_t – суммарный момент от внешних горизонтальных нагрузок относительно центра тяжести подошвы

сооружения, кНм; M_r – суммарный момент удерживающих сил, относительно центра тяжести подошвы сооружения, кНм [2].

Суммарный момент удерживающих сил определяется по формуле

$$M_r = 0,58 d^2 E_{ад} \left(\operatorname{tg} \varphi_{ред} + f + \frac{2N}{dE_{ад}} + 0,44 \pi \operatorname{tg} \delta \right) + M_0, \quad (2)$$

где d – диаметр конструкции, м; $E_{ад}$ – горизонтальная составляющая активного давления грунта засыпки, кН/м; $\varphi_{ред}$ – средневзвешенное значение угла внутреннего трения грунта в сооружении, град; f – коэффициент трения в замках шпунтовой конструкции, принимаемый равным 0,4; N – равнодействующая дополнительных сил сопротивления смещению грунта в сооружении по вертикальной плоскости за счет сопротивления дополнительных элементов жесткости (противоледовый пояс, бетонное кольцо и т.п.), кН; δ – угол трения грунта о шпунтовую конструкцию, принимаемый равным $0,667\varphi_{ред}$, но не более 30° , град; M_0 – момент реактивного давления действующего на внешнюю поверхность конструкции, относительно подошвы сооружения, кН·м.

Горизонтальную составляющую активного давления грунта следует определять по формуле

$$E_{ад} = \eta_i E_a, \quad (3)$$

где η_i – коэффициент уменьшения давления грунта, определяемый по рис. 3; E_a – горизонтальная составляющая активного давления от веса грунта засыпки.

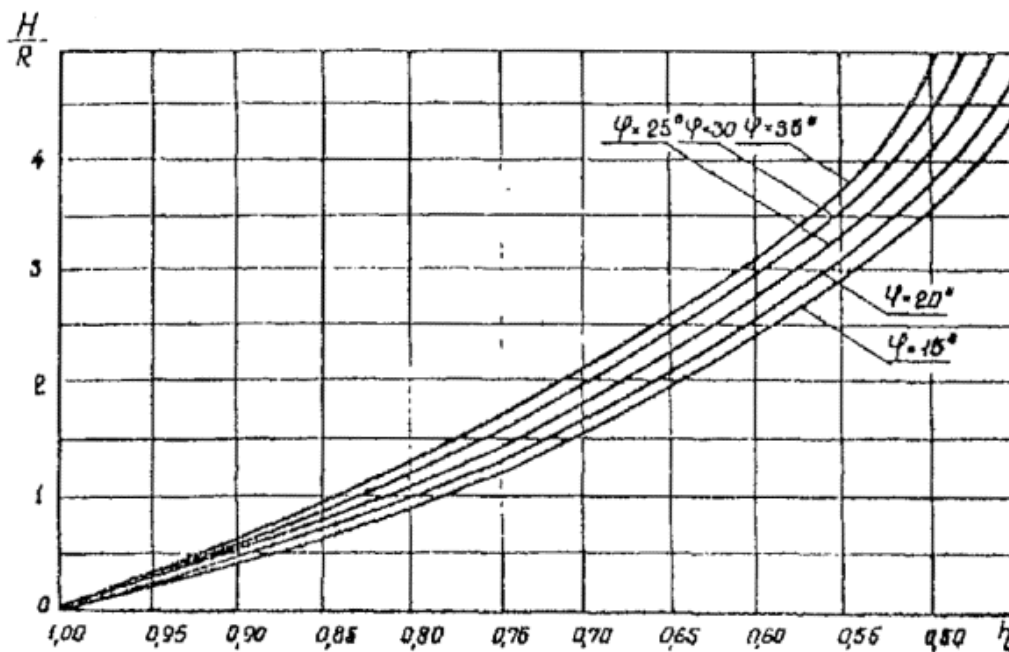


Рис. 3. График изменения коэффициента η (H/R – отношение глубины залегания грунта к радиусу ячейки)

Также учитываются ледовые нагрузки и нагрузка от навала судна. Так как строительство происходит в арктических условиях, ледовые нагрузки имеют наибольший вес. Расчет по СП 38.1330.2012 производится на нагрузки от полей ровного льда, от наслоенного льда, от плавающих ледяных торосов [4, 6].

Результат будущего строительства может оказать существенное влияние на освоение Арктики РФ, в частности Ленинградского и Русановского газового месторождения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федоров И.В., Титова В.И. Ячеистые конструкции из металлического шпунта. М, 1952. 216 с.
2. РД 31.31.55-93. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений. М., 1996.
3. Кульмач П.П., Филиппенок В.З., Заритовский Н.Г. Морские гидротехнические сооружения. Ч. 1. Основы морской гидрологии и оградительные сооружения. Изд-во ЛВВИСУ. Л.: 1990.
4. СП 38.1330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. 2013.
5. Ким С.Д., Финагенов О.М., Уварова Т.Э. Определение ледовых нагрузок на сооружения континентального шельфа по нормам различных стран // Научно-технический сборник Вести газовой науки, №3. 2013. С. 97-103.
6. Альхименко А.И. и др. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб: Изд-во «Лань», 2003.
7. Шарапов Д.А., Шхинек К.Н., Большев А.С. Горизонтальные ледовые нагрузки на вмёрзшие сооружения. Сборник Российского морского регистра судоходства, 2012 г., с.75-84

УДК 691

И.И. Дмитриев, З.И. Тутаркова, О.С. Царева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА С АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ЦЕМЕНТОБЕТОН В РОССИИ

В России существует проблема с дорогами: их качеством и сроком эксплуатации. Чаще всего эти проблемы связывают с качеством дорожного покрытия. В связи с этим российские ученые предлагают различные методы решения данной проблемы: от различных вариаций улучшения асфальтобетона, в большинстве случаев используемом в настоящее время, до перехода на цементобетон [1], который обладает рядом эксплуатационных преимуществ по сравнению с асфальтобетоном.

В данной работе рассматриваются преимущества и недостатки асфальтобетона и цементобетона, а так же возможность перехода на цементобетон в России при нынешних условиях рынка труда.

В настоящий момент выделяют следующие преимущества цементобетона по сравнению с асфальтобетоном [2-4]:

- отсутствие пластических деформаций в бетоне обеспечивает более высокую прочность (примерно в 10 раз) покрытия по сравнению с асфальтобетоном, защищая от образования колеи;
- при правильной эксплуатации дорожного полотна, оно практически не зависит от климатических условий окружающей среды, и более того: при правильной эксплуатации;
- более светлое покрытие обеспечивает более высокую безопасность передвижения, а так же снижает (примерно на 27%) затраты на освещения трассы;
- более высокая износостойкость и морозостойкость;
- отсутствие колеи;
- повышенный и коэффициент сцепления с дорогой, благодаря почти отсутствию зависимости обеспечивает более высокую безопасность, уменьшает потребление топлива и, в следствии, количество вредных выбросов в окружающую среду;
- материалы, используемые при производстве асфальтобетона загрязняют окружающую среду, проникая в землю вместе со средой. При использовании асфальтобетона такого не происходит.

По сравнению с этим внушительным списком асфальтобетон имеет скромные преимущества:

- возможность быстрой эксплуатации;
- более высокая возможность сопротивление солям и смесям от гололеда. В отличие от цементобетона он не шелушится при использовании хлористых солей и других реагентов;
- повышенная гладкость;
- ремонтпригодность;

Опираясь на эти характеристики, мы можем говорить о теоретической выгоде перехода на цементобетонные покрытия. [5] Однако мы сталкиваемся с рядом практических проблем, которые не позволяют нам немедленно начать преобразования.

Переход на цементобетон в городах практически невозможен. По словам аналитиков фактически отсутствует возможность перекрыть главные городские артерии на срок до 7 дней, по причине того, что это заставит город погрязнуть в пробках. Из этого следует, что цементобетон предназначен для меж городских трасс. И тут возникает другая проблема: отсутствие достаточного количества квалифицированных рабочих.

Цементобетон дорожке асфальтобетона примерно 1,7-1,8 раз. Однако, он не требует ремонта в течении 10-12 лет, в отличии от асфальтобетона, который нуждается в ремонте уже через 3-4 года после укладки. Так что стоимость по истечению 8 лет после укладки сравняется, и дальше цементобетон становится дешевле асфальтобетона

Технический срок службы асфальтобетона – 15-20 лет при соблюдении технологий создания и эксплуатации. Например, при фактическом сроке службы цементобетонных покрытий в США, в среднем, 26 лет, асфальтобетонных – 16 лет, в Германии, соответственно, – 26 лет и 18 лет (по данным, приведенным Б.С. Радовским). В реальности ремонт производится каждые 1-3 года. Отчасти это вызвано «потерей средств» и заменой их на менее качественные и более дешевые, отчасти – попыткой сэкономить на рабочей силе. Второе заставляет компании подрядчиков нанимать на работу мигрантов, знания которых в данной сфере невелики, но труд которых оценивается на порядок дешевле. Это приводит к грубейшим нарушениям технологии строительства, что приводит к сокращению срока эксплуатации и ухудшению качества дорожного покрытия.

Замена асфальтобетона на цементобетон не только не решит эту проблему, но и усилит ее: ремонт цементобетона дорожке и сложнее в исполнении. Кроме того, некачественные ремонт приведет только к обострению проблемы.

Также поврежденный цементобетон намного опаснее поврежденного асфальтобетона: цемент крошится, и сцепление колес с покрытием сильно ухудшается.

Одной из основных причин непопулярности цементобетонных покрытий в дорожном строительстве, является в дефицит качественного цемента, изготавливаемого на основе клинкера нормированного состава. У большинства российских цементных заводов нет соответствующего уровня автоматизации производства и непрерывного контроля качества клинкера, который зачастую имеет серьезные колебания по минералогическому составу, и, соответственно, не может являться клинкером нормированного состава [6, 7].

В наши дни идет активная популяризация использования цементобетона взамен асфальтобетона. Многие дорожные строители стали переходить на использование данного материала вследствие его высоких эксплуатационных и экологических характеристик [8, 9].

В последнее время в эксплуатацию был введен участок обхода города Новосибирска общей протяженностью 50 километров, выполненный из цементобетона, а в 2009-2012 годах цементобетон был использован при реконструкции участка автомагистрали М-4 «Дон».

Выводы. В данной статье были приведены основные преимущества и недостатки цементобетона. При правильном проектировании и эксплуатации цементобетон обладает много лучшими техническими характеристиками: долговечность, экологичность, износостойкость и пр. Но проблема халатности вносит дополнительные трудности в переходе на данный тип дорожного покрытия, так как в отличие от асфальтобетона цементобетон

требует высокой квалификации рабочих и аккуратности при проведении строительных и ремонтных работ. Также еще не решен полностью вопрос с производством качественного вяжущего вещества.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Высоцкая М.А., Шеховцова С.Ю., Косинова А.А. Дороги с цементобетонным покрытием – перспективное направление в дорожном строительстве // Научный альманах. 2017. № 2-3 (28). С. 38-40.
2. Войлоков И.А. Дороги России: асфальт или бетон? // Еврострой. -2011. № 64. С. 48-50.
3. Отраслевой журнал «Строительство». Материал подготовлен на основании статьи А.А.Гвоздева, М.Якобсона, А. Кузнецова, А. Введенской. #5-2016. http://ancb.ru/files/pdf/pc/Otraslevoy_zhurnal_Stroitelstvo_-_2016_god_05_2016_pc.pdf
4. Чернаков А. Весь мир строит дороги из цементобетона, а в России каждый год перекладывают асфальт. Как это изменить? // Всероссийский отраслевой интернет-журнал Строительство.ru <http://rcmm.ru/tehnika-i-tehnologii/22640-ves-mir-stroit-dorogi-iz-cementobetona-a-v-rossii-kazhdyy-god-perekladyvayut-asfalt-kak-eto-izmenit.html>
5. Шейнин А.М., Эккель С.В. «Зелёный свет» цементобетонным покрытиям. Союз производителей бетона. http://www.concrete-union.ru/articles/index.php?ELEMENT_ID=6966
6. Золин Р.Н., Заббаров А.Ш., Зиганшин И.И., Зарипов А.М. Улучшение технико-эксплуатационных характеристик дорожного покрытия // Наука и образование сегодня. 2017. № 2 (13). С. 31-33.
7. Кочетков А.В., Васильев Ю.Э., Каменев В.В., Шляфер В.Л. Статистические методы организации контроля качества при производстве дорожно-строительных материалов // Качество. Инновации. Образование. 2011. № 5 (72). С. 46-51.
8. Петухов П.А. Цементобетон и асфальтобетон в экологическом аспекте дорожной отрасли // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. 2013. Т. 2. С. 308-315.
9. Проказов Н. Профессионалы выбирают цементобетон // Транспортная стратегия. XXI век. 2014. № 27. С. 96-97.

УДК 528.06

О.С. Царёва, И.И. Дмитриев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ПО ИЗМЕНЕНИЯМ РАССТОЯНИЙ

Актуальность. Наблюдения за деформациями, в частности, объектов культурного наследия – это чрезвычайно важная и актуальная задача, особенно для Санкт-Петербурга, где таких объектов много, и они постоянно находятся под угрозой. Традиционные геодезические методы наблюдений за деформациями предполагают разделять высотные и плановые наблюдения, а традиционные технологии обработки основаны на анализе изменения превышений между контрольными деформационными марками и/или координат марок. Или, например, в работах [2-4] определение осадок и горизонтальных смещений гидротехнических сооружений выполняется по изменениям расстояний. Классические методы геодезии находят применение для наблюдений за деформациями больших площадных объектов, подверженных влиянию равномерных деформаций. Но более интересным и важным при эксплуатации объектов культурного наследия являются неравномерные деформации. В качестве примера можно привести Кронштадтский Морской Никольский Собор (далее – Собор), в котором в 2009 году было принято решение о реставрации. Одной из причин возникновения трещин явились неравномерные деформации основания [5]. По причине отсутствия возможности закрепления точек стояния прибора и выполнения наблюдений в свободной сети, возникла задача использования инвариантных методов для оценки деформаций, например, предложено

определять деформации по изменениям расстояний. Т.е., например, в Соборе закладываем марки на одной и на другой колонне и далее контролируем неизменность расстояния между этими марками.

Цели и задачи работы. Сравнение метода наименьших квадратов (МНК) и метода наименьших модулей (МНМ) для оценки алгоритма определения деформаций по изменениям расстояний. Определение величины деформации, при которой приведенные методы выявляют деформационные марки. Исследование алгоритма определения деформаций по изменениям расстояний выполнено с использованием стохастического моделирования. Идея моделирования заключается в том, что вычисления и выдачу результатов выполняют многократно и накопленные результаты подвергают статистической обработке. Таким образом, по результатам, например, 1000 испытаний уже можно судить о качестве применяемого алгоритма [1]. Текст программы на языке Gwbasic составлен к.т.н., доцентом кафедры инженерной геодезии Санкт-Петербургского Горного университета Зубовым А.В. сходными данными стохастической модели служили пространственные координаты 40 деформационных марок, расположенных на здании (рис. 1), между которыми вычисляли расстояния «идеальной» модели. Например, пространственное расстояние L_{12} между деформационными марками 1 и 2 вычислялось по формуле

$$L_{12} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2}$$
, где X_1, Y_1, Z_1 и X_2, Y_2, Z_2 – координаты деформационных марок 1 и 2 соответственно. Расстояния «текущей» модели вычисляли, искажая модель погрешностями измерений, внешних условий и самой деформацией. При этом погрешности измерений прибором моделировались как случайные числа с нормальным распределением, погрешности внешних условий моделировались как случайные числа с равномерным распределением, величина деформации и количество искажаемых марок вводились самим пользователем. Стандарт измерения и стандарт внешних условий были приняты равными единице. В приведенных ниже таблицах 1 и 2 все три координаты марок искажали деформацией на одну и ту же величину и вычисления выполняли по результатам моделирования 1000 циклов. Полученные результаты вычислений подвергали статистической обработке МНК и МНМ, по результатам которой получили процент выявления марок, подверженных деформациям. Схема описанной программы приведена на рисунке 2.

Поправки или отклонения v вычисляются как разность расстояний «идеальной» и «текущей» моделей по формуле $v = L_{i-j}^k - L_{i-j}^{k-1}$, где L_{i-j}^{k-1} – расстояние «идеальной» модели, L_{i-j}^k – расстояние «текущей» модели.

По МНК (МНМ) программа находит минимальные суммы квадратов (модулей) отклонений и выполняет сортировку, располагая максимальные значения в конце. При этом присваивает номера марок, соответствующие максимальным значениям. После этого все марки, оказавшиеся на последнем месте, сравнивает с номерами марок, которые искажались пользователем и, если номера совпадают, то это значит, марка выявлена по тому или иному методу. Далее на экран выводится процент выявленных точек по МНК и по МНМ.

В приведенных ниже таблицах 1 и 2 марки, которые искажали деформациями, выбирали сосредоточенными в определенном участке здания и приведены исследования для $\sigma_{\text{вн. усл.}} = 1 \text{ мм}$, $\sigma_{\text{изм.}} = 0,5 \text{ мм}$.

На пересечении строк и столбцов стоит процент деформационных марок, выявленных по тому или иному методу. Например, для величины деформации 1 мм при искажении трех деформационных марок, МНК выявил эти марки на 66,6%.

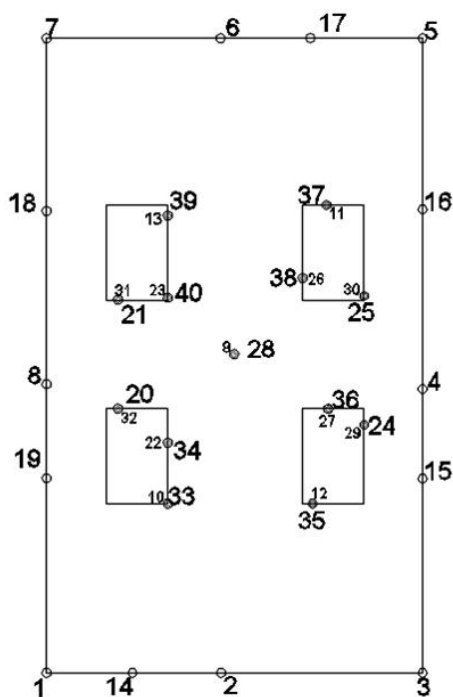


Рис. 1. Схема расположения деформационных марок

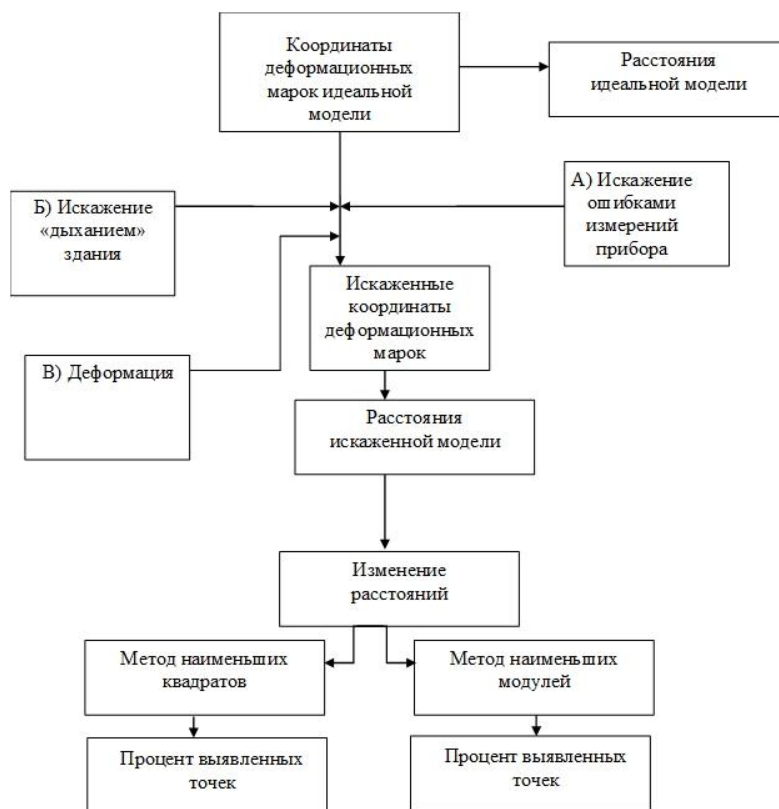


Рис. 2. Схема программы

Таблица 1

Процент выявления марок, подверженных деформациям по МНК

МНК	Количество искажаемых марок							
Величина деформации, мм	2 5%	3 7,5%	4 10%	5 12,5%	6 15 %	7 17,5%	8 20%	9 22,5%
5	100	100	100	100	100	100	100	99,98
4	100	100	100	100	99,85	100	100	82,7
3	100	100	100	97,86	96,31	100	100	76,2
2	100	100	86,05	82,08	79,62	85,7	70	64,7
1	50	66,6	74,92	59,98	44,6	43	50	41,97
0,5	16,5	18,6	24,98	20	16,68	18,6	37,5	27,2

Таблица 2

Процент выявления марок, подверженных деформациям по МНМ

МНМ	Количество искажаемых марок							
Величина деформации, мм	2 5%	3 7,5%	4 10%	5 12,5%	6 15 %	7 17,5%	8 20%	9 22,5%
5	100	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100	92,61
3	100	100	100	99,26	98,6	100	100	84,6
2	100	100	88,45	86,42	84,80	100	74,5	69,6
1	50	66,6	74,92	59,98	44,7	43	50	42,12
0,5	16,65	18,8	25	20	33,33	18,6	37,5	28,4

Выводы. Если деформациями искажают 5% марок от общего их количества и величина деформации более 2 мм, оба метода выявляют ее на 100%. При искажении различного числа марок деформацией, по величине равной или большей 2 мм, оба метода выявляют их от 63 до 100%. При этом в некоторых вариантах (в таблице 2 отмечены **полужирным шрифтом**) МНМ выявляет марки лучше. Конечно, чем больше величина деформации, тем лучше МНК и МНМ выявляют марки, подверженные деформациям. Как видим из таблиц, для величин деформаций более 1 мм лучше работает МНМ в независимости от количества искажаемых марок. Для величин деформаций менее и равных 1 мм оба метода можно считать неэффективными.

Таким образом, стохастическое моделирование позволило сравнить различные методы статистической обработки. Можно сделать вывод о том, что приведенный метод оценки пространственных деформаций можно использовать для обработки результатов измерений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Коугия В.А. Математическое моделирование при обработке геодезических измерений: Учебное пособие. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2007, 100 с.
2. 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.
3. Мурзайкин И. Я. Геодезические методы определения осадок и смещений сооружений /И.Я. Мурзайкин, А.И. Нужный. Ульяновск : Ульяновская ГСХА, 2008. 258 с.
4. Рекомендации по проведению натурных наблюдений за осадками грунтовых плотин. П 87-2001 / ОАО «ВНИИГ». – СПб, 2001. – 95 с.
5. Улицкий, В.М. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям) / В.М.Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. СПб.: ГК «Геореконструкция», 2010. 208 с.

УДК 528.3

И.И. Дмитриев, О.С. Царёва

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НАСОСНОЕ ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ХРАНИЛИЩЕ

Насосное гидроэлектрическое хранилище (НГХ, также более известное как гидроаккумулирующая станция (Pumped hydroelectric storage)) является разновидностью традиционной технологии водохранилища ГЭС. Его уникальной особенностью, по сравнению с обычными схемами, заключается в том, что он работает в двойном порядке, т.е. как турбина и насос [1-3]. Как и для всех энергетически возобновляемых технологий, развитие потенциала НГХ чувствительно к коэффициенту использования технологии. Снижение рыночных цен на электроэнергию (иногда и отрицательные среднесуточные), стагнация спроса создали неопределенность в развитие данной системы [4].

Цели и задачи. В настоящем исследовании мы проанализируем устройство насосного гидроэлектрического хранилища, выделим его основные достоинства и недостатки.

Метод. Типичное устройство НГХ станции представлено на рис. 1. Когда установка находится в рабочем режиме, реверсные насос-турбины генерируют энергии в общую сеть. И наоборот, питание от внешнего источника (например, сети, промышленных предприятий) питает насосы, когда в режиме хранения. Разделив выход энергии НГХ (от выработки) на подводимую энергию (для насоса) получим эффективность замкнутого цикла (ЭЗЦ).

$$\text{ЭЗЦ} = E_{\text{выход}}/E_{\text{ввод}}. \quad (1)$$

ЭЗЦ естественно принимает значения меньше единицы из-за потерь. ЭЗЦ включает гидравлическое оборудование, связанное с потерями (насос, турбина, генератор, двигатель и

трансформатор). Диапазон изменения ЭЗЦ варьируется между 65 и 80%, в зависимости от технических характеристик оборудования [5]. Старые станции естественно имеют более низкие ЭЗЦ, в то время как технологические достижения последних 25 лет привели в современных системах к ЭЗЦ, достигающей до 87% [1].

Системы НГХ имеют выгодные характеристики обычной ГЭС и легкодоступны для обеспечения пиковой мощности, не требуя время разгона. Кроме того, они являются запасным источником электричества в случае отключения электроэнергии.

НГХ, как правило, представлены в двух различных видах, а именно «чистые» и «обратно насосные». Чистые НГХ (также известный, как системы «замкнутого цикла») относятся к станциям, не получающие естественного притока, расположенные далеко от ручьев, чисто в целях накопления энергии. Обратно насосные НГХ (также известный как «смешанные») используются для хранения воды и природных потоков для производства электроэнергии. В целом, обратно насосные НГХ похожи на обычные ГЭС с дополнительной функцией хранения.

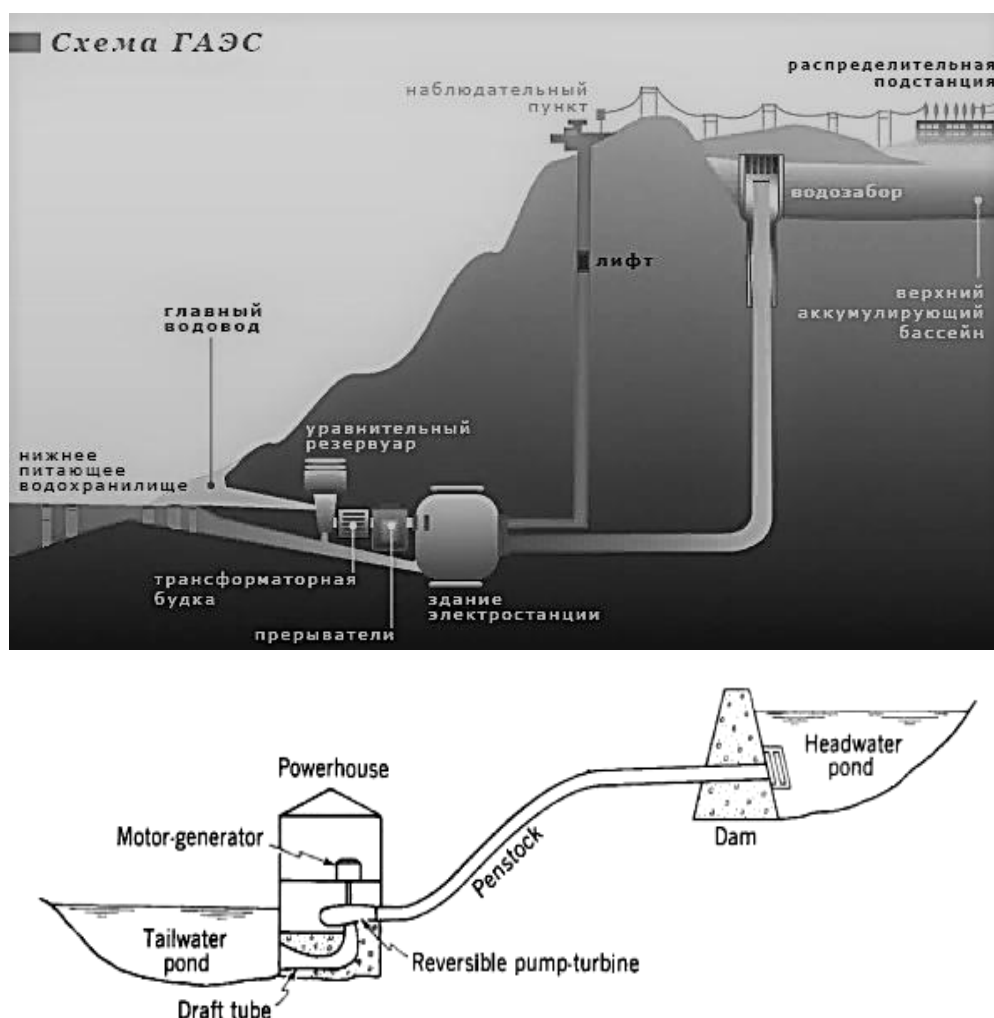


Рис. 1. Типичное устройство НГХ станции

Выявление препятствий в расширении НГХ

1. Влияние цен на энергоресурсы

В период масштабного проникновения на рынок энергетической системы возобновляемых источников энергии (ВИЭ) до 2012 года, создались валовые колебания цен,

превышающие 25%-30% рентабельности. Прибыльность функционирования НГХ уменьшилась до порога эффективности. Эта тенденция снижения цен ставит под сомнения рентабельность эксплуатации НГХ. Наиболее рациональным выходом может служить увеличение эффективности системы (т.е. использование переменной скорости турбин, гибкий режим работы и т.д.). Такие НГХ имеют в среднем на 10% более высокую эффективность. Модернизация старых систем может иметь положительный эффект на работоспособность.

С 2014 года новым ударом для ВИЭ источников в целом стало резкое падение цен на ископаемые ресурсы (наличие дешевого угля и снижение цен на газ), что сильно притормозило проникновение возобновляемых источников энергии на мировой рынок.

2. Снижения дохода действующих компаний

НГХ системы в современной рыночной среде не удастся эффективно использовать. Хранение электроэнергии снижает предельные затраты на электричество и как следствие ограничивает энергетический рынок. Это означает, что такая система позволяет получать меньшие выплаты, чем в системе питания без хранения. Таким образом, инвестиции в новые системы НГХ не могут быть привлекательны для участников рынка, которые уже занимают генерирующие мощности из-за резкого снижения дохода для данных компаний.

Выводы. В долгосрочной перспективе недоиспользования мощностей данной системы может подорвать будущие инвестиции в НГХ. Это может иметь серьезное влияние на общую производительность и интеграцию ВИЭ в национальные энергетические системы, что, в свою очередь, может негативно повлиять на распределение благ между производителями и потребителями энергии.

Существуют определенные барьеры, которые мешают к переходу к обществу с максимальным благосостоянием. Часть из них приведена в данной статье. Изменение правил монополии может создать среду, где производители не смогут повысить свой доход за счет снижения благосостояния потребителей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Rehman S., Al-Hadhrami L.M., Alam M.M. Pumped hydro energy storage system: a technological review. *Renew Sustain Energy Rev*, 44 (2015), pp. 586-598.
2. 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.
3. 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.
4. Kougias I., Szabó S.. Pumped hydroelectric storage utilization assessment: Forerunner of renewable energy integration or Trojan horse? *Energy*, Volume 140, Part 1, 1 December 2017, Pp. 318-329.
5. Ibrahim H., Ilinca A., Perron J.. Energy storage systems—characteristics and comparisons. *Renew Sustain Energy Rev*, 12 (2008), pp. 1221-1250

УДК 004.052

Д.А. Кутин, С.Ю. Погонин, А.А. Липатова, Е.Б. Михаленко, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО НИВЕЛИРА SOKKIA SDL50 В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ НИВЕЛИРНОЙ РЕЙКИ

В настоящее время на территории всех развитых государств для решения различных инженерно-строительных задач повсеместно используют современную высокоточную аппаратуру. Для проведения строительных работ на местности требуется проведение инженерно-геодезических изысканий, связанных с измерением превышений с помощью

нивелиров. Данные, полученные при изысканиях, являются основой для всего проекта и связанной с ним документации. При проведении геодезических изысканий наиболее удобными в работе являются нивелиры, предназначенные для быстрого и эффективного определения превышений, однако в последнее время наряду с обычными оптическими нивелирами начали применяться электронные нивелиры со штрихкодowymi рейками [1-3]. Такие нивелиры просты в применении и обладают высокой точностью, но только при идеальных условиях работы. В процессе эксплуатации электронных нивелиров был выявлен ряд недостатков [4]. В частности, влияние ограниченной видимости штрихкодовой нивелирной рейки на эффективность работы нивелира.

В качестве объекта исследования был выбран нивелир SOKKIA SDL50, имеющий следующие характеристики: увеличение зрительной трубы – 28х, диапазоном измерений от 1,6 до 100 м, среднеквадратичная погрешность на 1 км двойного хода – 2,0 мм [5].

Целью работы являлось изучение возможности успешной эксплуатации прибора в условиях ограниченной видимости нивелирной рейки. Исследование проводилось в холле здания Гидротехнического корпуса Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого, причем в условиях постоянства уровня освещенности, составляющего 160 лк [4].

На первом этапе работы изучалась зависимость величины минимального видимого участка рейки, при котором возможна успешная эксплуатация прибора, от расстояния между нивелиром и рейкой.

После установки нивелира в рабочее состояние и наведения визирного луча на рейку, верхняя и нижняя часть рейки закрывалась, и видимым оставался только участок длиной 6 см, т.е. на 3 см выше и ниже визирного луча. Видимый участок рейки увеличивался от 6 см до 30 см с шагом 2 см. На каждом шаге производилось взятие отсчета с фиксацией результата: «отсчет взят», «отсчет не взят». В таком порядке были проведены опыты при расстоянии между нивелиром и рейкой от 10 до 80 м с шагом 10 м. Полученные данные приведены на рис. 1, где L – расстояние от нивелира до рейки, а b_{min} – минимальный видимый участок рейки, позволяющей прибору взять отсчет.

На втором этапе работы исследовалась ситуация, когда видимым оказывается участок рейки, несимметричный относительно визирного луча, а находящийся выше или ниже его. Расстояние от нивелира до рейки принималось постоянным и равным 40 м. Освещенность рейки была постоянной.

Опыт 1.1. Видимым был оставлен участок рейки длиной 6 см ниже визирного луча. Величина видимого участка увеличивалась с шагом 2 см, и при каждом шаге брался отсчет.

Опыт 1.2. Видимым был оставлен участок рейки длиной 6 см выше визирного луча. Величина видимого участка увеличивалась с шагом 2 см, и при каждом шаге брался отсчет.

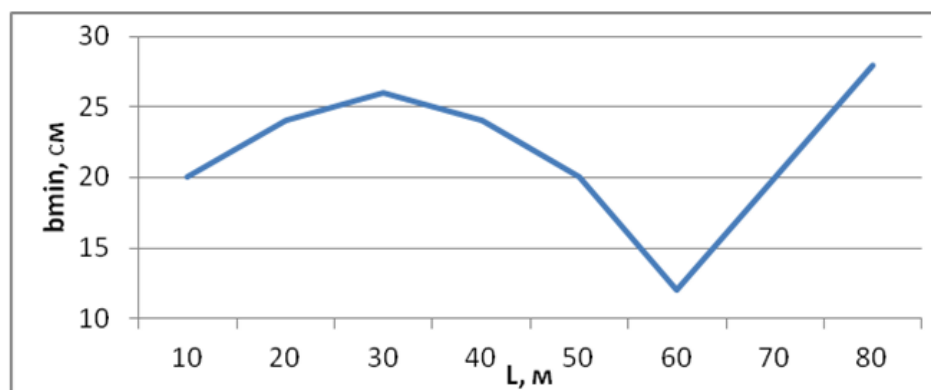


Рис. 1. Зависимость минимального видимого участка рейки от расстояния до нивелира

На третьем этапе работы исследовалась ситуация, когда часть рейки вблизи визирного луча не видна, а видимыми оказываются участки рейки, расположенные выше и ниже. Расстояние от нивелира до рейки принималось постоянным и равным 40 м.

Опыт 2.1. Участок рейки в области визирного луча длиной 10 см был закрыт, а выше и ниже его открывались «окна» длиной от 6 до 11 см с шагом 1 см.

Опыт 2.2. Участок рейки в области визирного луча длиной 16 см был закрыт, а выше и ниже него открывались «окна» длиной от 9 до 13 см с шагом 1 см.

Опыт 3.1. Участок рейки в области визирного луча был закрыт, причем его длина увеличивалась постепенно с 16 до 20 см, а открытые «окна» примыкающие к нему, оставались постоянными и равными 13 см каждое.

Опыт 3.2. Участок рейки в области визирного луча был закрыт, причем его длина увеличивалась постепенно от 12 до 16 см, а примыкающие к нему «окна» оставались постоянными и равными 9 см каждое.

На рис. 2 показаны результаты 2-ого этапа и 3-его этапов работ. Здесь a – длина видимой части рейки в см, X – нивелир не берет отсчет, V – нивелир берет отсчет.

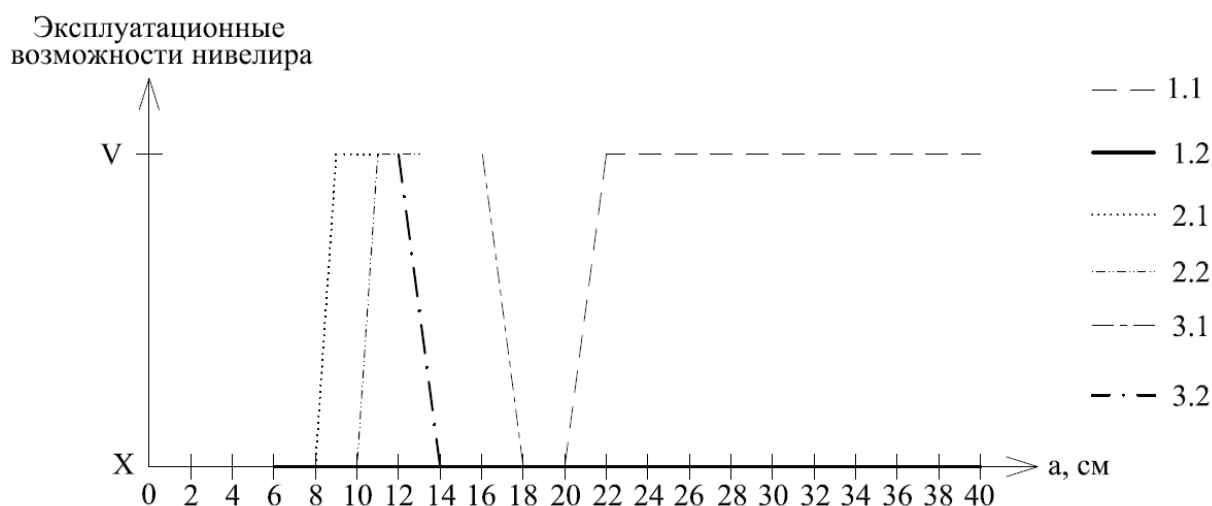


Рис. 2. Зависимость эксплуатационных возможностей нивелира от длины видимого участка рейки

По результатам первого этапа работы могут быть сделаны следующие выводы:

- при расстоянии между нивелиром и рейкой от 30 м до 60 м наблюдается уменьшение минимального видимого участка рейки,
- максимальная гарантированная дальность измерений нивелира SOKKIA SDL50 составляет не 100 м, заданные в паспорте прибора, а лишь 80 м [5].

По результатам второго и третьего этапов работы можно сделать вывод, что успешная эксплуатация нивелира возможна даже в случае, когда «закрыт» участок рейки в районе визирного луча, но длина его при этом не должна превышать 18 см, а видимые участки рейки выше и ниже закрытой области должны быть длиной не менее 8 см каждый.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Михаленко Е.Б. [и др.]. Инженерная геодезия. Использование современного оборудования для решения геодезических задач: учеб. пособие / под науч.ред. Е.Б. Михаленко. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 98 с.

2. Е. Б. Михаленко [и др.]. Инженерная геодезия. Пособие по учебной геодезической практике : учеб. пособие / под научн. ред. Е. Б. Михаленко. СПб. : Изд-во Политехн. Ун-та, 2011. 62 с.
3. Е. Б. Михаленко [и др.]. Инженерная геодезия. Решение основных инженерных задач на планах и картах. Полевые геодезические работы : учеб. пособие / под научн. ред. Е. Б. Михаленко. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 142 с.
4. Атрощенко А.Ю., Косяков Е.Д., Родионова М.А., Беляев Н.Д., Михаленко Е.Б. Изучение влияния освещённости на диапазон работы электронных нивелиров. Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. С. 205-208.
5. <http://www.sokkia.ru>

УДК 626.02

К.Ю. Черняев, Д.А. Кузнецов, И.А. Того
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РЕМОНТ ПОДВОДНЫХ БЕТОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В настоящее время срок эксплуатации большинства гидротехнических сооружений подходит к концу, и требуется ремонт участков бетонных поверхностей, подверженных разрушению (рис. 1-4) [1]. Ремонт подводной части сооружений является менее доступным, чем надводной, потому что воздействие внешней среды затрудняет или делает невозможным выполнение работ. В связи с этим разработка технологии ремонта подводных бетонных поверхностей является актуальной.

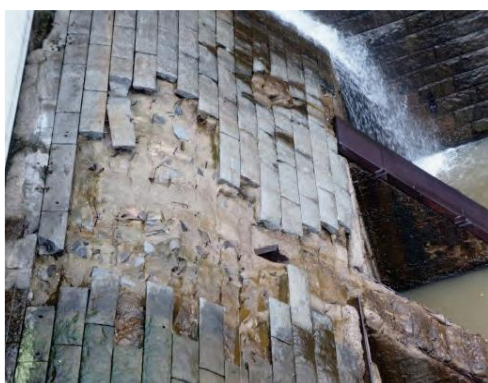


Рис. 1. Эрозионный процесс на поверхности сооружения под влиянием водного потока



Рис. 2. Вынос продуктов разрушения (бетонного камня)



Рис. 3. Разрушения в зоне переменного уровня



Рис. 4. Отслаивание защитного слоя (до 60%)

Существует несколько подходов к решению проблемы разрушения бетонной поверхности гидротехнических сооружений. Например, к ним относятся защита и ремонт сооружений.

Идея защиты бетонной поверхности заключается в том, чтобы полностью исключить возникновение коррозии на ней путем покрытия поверхности геомембраной в несколько слоев. Геомембраны – полимерные пленки, бентоматы и другие гидроизоляционные рулонные материалы, применяемые в противофильтрационных устройствах [2]. Способ в настоящее время имеет практическое применение. Такой метод является дорогим решением из-за ряда причин:

- для исключения коррозии обработка и покрытие геомембраной производится по всей площади контакта бетонной поверхности с водой;
- для проведения работ требуется привлечение водолазов;
- в случае проведения некачественных работ (неплотная заделка швов) или повреждения отдельного элемента защитное покрытие перестает функционировать.

Сущность ремонтных работ заключается в восстановлении и усилении бетонной поверхности после ее разрушения. Проведение работ осуществляется, как правило, в несколько этапов: обследование сооружения и определение причин разрушения, проектирование, выбор технологий для ремонта и ремонтного состава, проведение ремонтных работ, контроль над их выполнением. Проведение ремонтных работ производится с использованием методов подводного бетонирования и является наиболее сложным этапом.

На данный момент существуют несколько способов подводного бетонирования [3]:

- 1) способ вертикально перемещающейся трубы;
- 2) метод восходящего раствора;
- 3) метод укладки бункерами;
- 4) кладка бетонной смеси методами втрамбовывания и в мешках.

Данные методы ограничиваются рядом причин, связанных главным образом с проведением работ на небольших глубинах.

Существует несколько вариантов проведения ремонтных работ под водой. Рассмотрим основные варианты, осуществляемые на практике компаниями Rumford и ResMix.

Rumford использует работу водолаза, где сам водолаз вынужден проводить все этапы ремонтных работ собственными руками [4].

ResMix проводит очистку поверхности с помощью гидроструйного аппарата, а транспортировка ремонтного раствора производится с помощью шнековых растворонасосов, под давлением через шланг. Причем используется два метода проведения ремонтных работ – с использованием опалубки и без нее для заполнения стыков, швов и трещин [5].

Учитывая недостатки методов, мы предлагаем собственный способ ремонта подводных бетонных поверхностей с использованием подводного управляемого аппарата. Такое устройство позволяет производить обследование, подготовку и ремонт бетонной поверхности в подводной части и зоне переменного уровня сооружения (рис. 5).

Конструкция представляет собой подводный аппарат, способный передвигаться по бетонной поверхности и присоединенный к нему шланг, через который осуществляется подача ремонтного раствора под давлением. Подводный аппарат опускается и с помощью гибкого троса фиксируется на требуемой глубине. Горизонтальное направление движения задается с помощью гребных винтов. После того, как определен участок ремонтных работ и аппарат выставлен напротив проблемного участка, он прижимается с помощью гребных винтов (рис. 6).

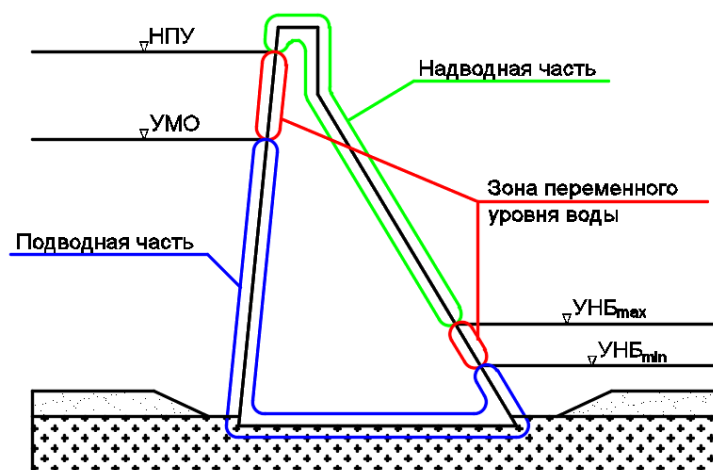


Рис. 5. Схема бетонной плотины с обозначением зон

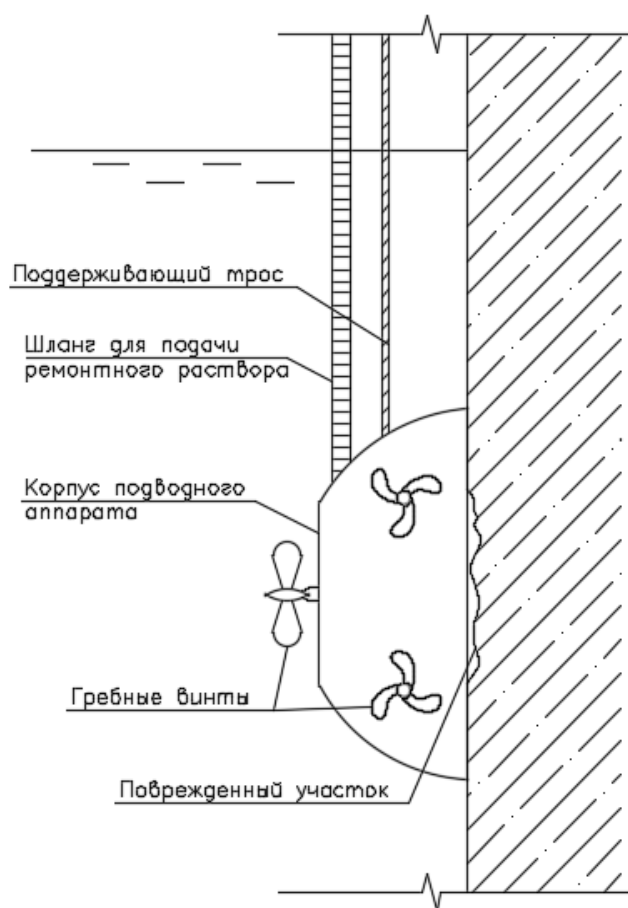


Рис. 6. Схема конструкции для ремонта подводной бетонной поверхности

Для обеспечения работ лишняя вода откачивается насосом, а остаток воды удаляется с помощью компрессора. Внутри аппарата располагаются устройства наблюдения, расчистки, подачи ремонтного раствора. Все работы осуществляются и контролируются дистанционно, что позволяет исключить водолазные работы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гидроэнергетика гидротехника новые разработки и технологии [Текст]: доклады и выступления / Р.Н. Орищук, В.Б. Глаговского, В.И. Климовича. СПб. : Изд-во АО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», 2017. 268 с.
2. Строительные материалы и изделия [Текст]: учебник для студ. сред. проф. образования / Ю.Г. Барабанщиков. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 368 с.
3. Подводное бетонирование: методы и правила [Электронный ресурс]. URL: <http://www.navigator-beton.ru/> (Дата обращения: 12.10.2017).
4. Underwater Concrete Repair – Belzona [Электронный ресурс]. URL <http://www.rumfordgroup.com/> (Дата обращения: 13.10.2017).
5. Подводный ремонт и гидроизоляция [Электронный ресурс]. URL <http://resmix.ru/> (Дата обращения: 13.10.2017).

УДК 626-337

П.Е. Панютина, И.Е. Фролова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВОССТАНОВЛЕНИЕ КРЕПЛЕНИЯ НИЖНЕГО БЬЕФА РОЖДЕСТВЕНСКОГО ГИДРОУЗЛА НА РЕКЕ ОРЕДЕЖ

Цель работы – определение отметок и размеров крепления нижнего бьефа за водосливной плотиной для двух случаев разбивки водосливного фронта, и выбор наиболее эффективного варианта реконструкции плотины на данном этапе работы.

На основе анализа современного состояния Рождественского гидроузла следует вывод о необходимости полной реконструкции водосливной плотины. Расход, который предполагается сбрасывать через водосливной фронт плотины при напоре 2,6 м, составляет 55 м³/с. При этом уровень воды в водохранилище находится на отметке НПУ = 90 м [1]. Предварительный расчет показал, что для сброса данного расхода воды достаточно ширины водосливного фронта равной $B = 9$ м.

Для достижения поставленной цели были рассмотрены два варианта разбивки ширины водосливного фронта на отверстия [3, 4]:

1. Однопролетная водосливная плотина с шириной пролета $B = 9,0$ м;
2. Двухпролетная водосливная плотина с шириной пролета 4,5 м.

Суть исследования заключается в анализе изменения отметки и размеров крепления нижнего бьефа при постепенном открытии затворов по мере нарастания паводка (шаг открытия затвора 0,5 м) для двух расчетных случаев.

Необходимо отметить, что при частичном и полном открытии затвора, значение расхода, проходящего через водослив, определялось следующими выражениями [2].

Для достижения поставленной цели были рассмотрены два варианта разбивки ширины

Расход проходящий через водослив:

- при свободном переливе через гребень плотины:

$$Q = mnb\xi\sqrt{2g}H^{3/2}, \text{ м}^3/\text{с},$$

- при истечении из-под щита:

$$Q = \mu n a n b \sqrt{2g(H - \frac{a}{2})}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где μ, m – коэффициенты расхода для разного характера движения воды (принимаем $\mu = 0,7$, $m = 0,4$); ξ – коэффициент бокового сжатия; b – ширина отверстия водосливного фронта; n – количество отверстий; H – напор на водосливе; a – высота открытия.

Отметка уровня нижнего бьефа определяется по графику зависимости расхода от отметки НБ (рис. 1) [1].

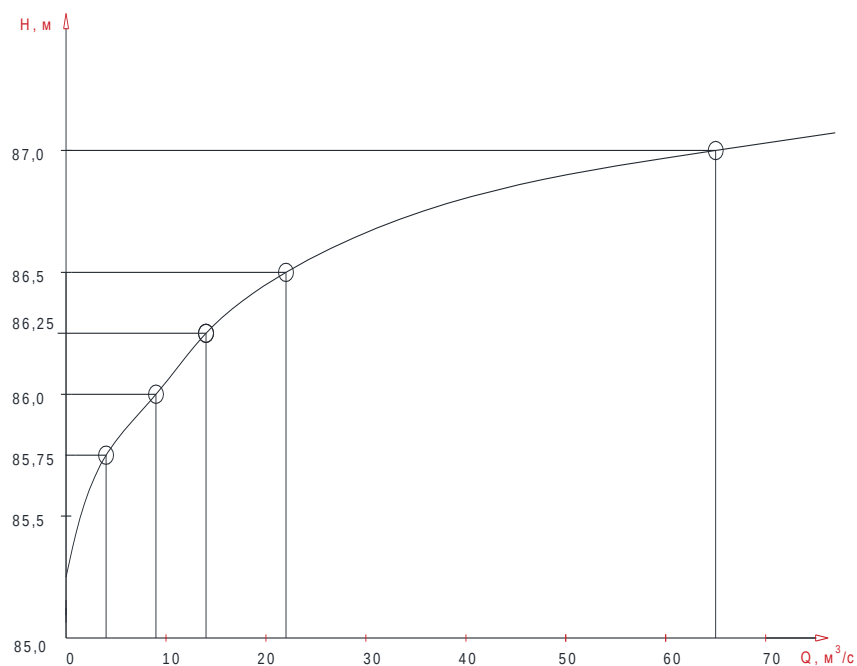


Рис. 1. График зависимости отметки уровня воды в нижнем бьефе от расхода

На основании полученных данных отметку крепления нижнего бьефа нужно назначить равной 81,05 м, что соответствует самой низкой отметке водобойного устройства для однопролетной водосливной плотины. Данное решение отвечает также минимуму бетонных и грунтовых работ при устройстве крепления.

Остальные расчетные формулы приведены в таблицах с результатами расчетов [5].

Таблица 1

Результаты расчета для однопролетной водосливной плотины

Расчетные зависимости	ед. изм.	a, м					Примечание
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,6	
$q = \frac{Q}{B}$	м³/с	2,04	4,07	6,11	8,15	8,36	
Qв-ва	м³/с	18,33	36,67	55,00	73,33	75,21	
УНБ	м	85,9	86,75	86,95	87,1	87,1	
$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}}$	м	0,75	1,19	1,56	1,89	1,92	
$Z = \nabla \text{НПУ} - \nabla \text{УНБ}$	м	4,10	3,25	3,05	2,90	2,90	
$\eta' = \frac{Z}{h_k}$		5,46	2,73	1,95	1,53	1,51	
$\mathfrak{Z}'$		2,53	2,25	2,15	2,05	2,05	([2], рис. 12-25)
$h'' = \mathfrak{Z}' h_k$	м	1,90	2,68	3,36	3,88	3,94	
$h_2 = 1,1 h''$	м	2,09	2,95	3,69	4,27	4,34	
h'	м	0,21	0,41	0,58	0,75	0,77	
$\nabla B = \nabla \text{УНБ} - h_2$	м	83,81	83,80	83,26	82,83	82,76	
$t = 0,4 h_2$	м	0,84	1,18	1,48	1,71	1,74	
$\nabla \Pi = \nabla B - t$	м	82,98	82,62	81,78	81,13	81,03	
$l_{\Pi} = (5,2 \div 5,5) h_2$	м	9,40	13,27	16,62	19,19	19,52	
$l_B = (1 \div 1,25) l_{\Pi}$	м	11,75	16,59	20,77	23,99	24,40	

Таблица 2

Результаты расчета для двухпролетной водосливной плотины

Расчетные зависимости	ед. изм.	Открытие затвора идет поочередно со ступенями 0,5 м										Примечание
$q = \frac{Q}{B}$	м ² /с	1,83	3,67	5,30	6,93	8,35	9,76	10,93	12,10	13,57	15,04	
$Q_{в-ва}$	м ³ /с	8,25	16,50	23,85	31,20	37,56	43,92	49,19	54,46	61,07	67,69	
УНБ	м	85,9	86,35	86,54	86,69	86,78	86,84	86,89	86,93	87	87	
$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}}$	м	0,70	1,11	1,42	1,70	1,92	2,13	2,30	2,46	2,66	2,85	
$Z = \nabla_{НПУ} - \nabla_{УНБ}$	м	4,10	3,65	3,46	3,31	3,22	3,16	3,11	3,07	3,00	3,00	
$\eta' = \frac{Z}{h_k}$		5,86	3,29	2,44	1,95	1,68	1,48	1,35	1,25	1,13	1,05	
$\mathcal{E}'$		2,75	2,35	2,23	2,15	2,10	2,05	2,02	2,00	1,97	1,9	([2], рис. 12-25)
$h'' = \mathcal{E}' h_k$	м	1,92	2,61	3,17	3,65	4,04	4,37	4,65	4,92	5,24	5,41	
$h_2 = 1,1 h''$	м	2,12	2,87	3,48	4,02	4,44	4,81	5,11	5,42	5,76	5,95	
h'	м	0,17	0,35	0,49	0,63	0,74	0,85	0,94	1,02	1,13	1,28	
$\nabla B = \nabla_{УНБ} - h_2$	м	83,78	83,48	83,06	82,67	82,34	82,03	81,78	81,51	81,24	81,05	
$t = 0,4 h_2$	м	0,85	1,15	1,39	1,61	1,78	1,92	2,04	2,17	2,30	2,38	
$\nabla \Pi = \nabla B - t$	м	82,94	82,33	81,66	81,07	80,56	80,10	79,73	79,35	78,94	78,67	
$l_{\Pi} = (5,2 \div 5,5) h_2$	м	9,53	12,92	15,67	18,07	19,98	21,65	23,01	24,38	25,92	26,77	
$l_B = (1 \div 1,25) l_{\Pi}$	м	11,91	16,15	19,59	22,59	24,97	27,06	28,76	30,47	32,40	33,46	

Однако окончательное решение следует принимать с учетом определения варианта с минимальным объемом бетонных и грунтовых работ для тела водосливной плотины.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Рождественский гидроузел. Капитальный ремонт гидротехнических сооружений. Рабочий проект. ООО НПП «Шельф»
2. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1982. 672 с.
3. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. Учеб. Пособие для студ. гидротехн. спец. вузов. В 2-х ч. 2-е изд. перераб. И до. Ч. II. Водосливные плотины. М.: Агропромиздат, 1985. 302 с.
4. СП 40.13330.2012. Плотины бетонные и железобетонные. Актуализированная редакция СНиП 2.06.06-85
5. Бухарцев В.Н. Речные гидротехнические сооружения. Водосбросные сооружения низконапорных гидроузлов: учеб. пособие. СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2013, 88 с.

УДК 627.41

В.А.Клушенцев, Ю.А.Мартыненко, А.А.Мырза, П.В.Чернов, А.Н.Чижевский
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО БЕРЕГОЗАЩИТЕ: САРАТОВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ, ГОРОД ХВАЛЫНСК

Береговая линия, разделяющая сушу и водные объекты, является одним из самых протяженных природных линейных объектов на земном шаре. Побережья являются наиболее населенными и социально-экономически развитыми областями планеты. Вследствие специфики своего положения, побережья, в результате контакта с водными объектами

подвержены процессам эрозии и абразии. Последствиями являются деградация и отступление берега, другими словами, потеря ценных территорий, которая может сопровождаться разрушением расположенных на побережье сооружений и инфраструктурных объектов. Материальный ущерб от последствий абразии постоянно растет.

В настоящее время защита побережий морей, и крупных водохранилищ от абразии является актуальной задачей. Процесс деградации побережья особенно активно развивается в последние десятилетия, что может быть связано с климатическими изменениями, а также антропогенной деятельностью. Одной из основных причин разрушения берегов является волновое воздействие на береговую линию. Выходом является проведение инженерных мероприятий по берегозащите.

Известно, что основными волнообразующими факторами для открытых акваторий являются, в первую очередь – ветер, далее – протяженности свободных поверхностей водоемов (так называемые, разгоны), затем – рельеф дна. В настоящее время для расчета параметров ветровых волн применяют положения, представленные в нормативной литературе [1, 2]. Рекомендуемые аналитические методы трудоемки и не имеют физического обоснования. Они имеют эмпирическую природу и применимы для определенных упрощенных схем. Получение данных натурных наблюдений трудоемко и дорого, объекты-аналоги зачастую отсутствуют, вследствие уникальности проектируемых сооружений [1, 2].

Методы, использованные для расчета волн, основаны на эмпирических зависимостях и используют упрощенные схемы учета батиметрии и конфигурации береговой линии.

Каждый участок береговой зоны характеризуется уникальным комплексом геологических особенностей, гидро- морфо- и литодинамических процессов и явлений.

Хвалынский расположен у подножия Хвалынских холмов на правом берегу Саратовского водохранилища, образованного плотиной Саратовской ГЭС на реке Волга. Проектные уровни водохранилища имеют следующие отметки (м): УМО – 27,0, НПУ – 28,0 и ФПУ – 31,4. Длина водохранилища равна 341 км, ширина в створе Хвалынска 6,5 км, а площадь при НПУ составляет 1831 км². Берег в черте города защищен дамбой обвалования, главное назначение которой предотвращение размыва, так как Хвалынский расположен на мысу. В настоящее время предполагаются работы по реконструкции дамбы.

Целью работы был расчет максимальной высоты волны для последующего определения отметки гребня дамбы. Расчеты проводились в соответствии с [1, 2] и с использованием численного моделирования.

На основе открытых многолетних данных метеонаблюдений (20 лет) были определены расчетные значения скорости ветра для наиболее волноопасных направлений С-СВ. Максимальная скорость ветра V_w составила 25,0 м/с. Для определения длины разгона волны составлена схема прилегающей акватории с указанием направления ветра (рис. 1). Максимальная длина разгона $L_{\max} = 29,0$ км. В результате расчетов была определена высота волны равная 1,56 м.

Одновременно была отмечена сложная батиметрия в районе Хвалынска: наличие относительно глубоководных фарватеров и обширной отмели с глубинами до двух метров. Рельеф дна в отметках относительно НПУ представлен на рис. 2. Анализ исторического картографического материала (до создания водохранилища) показал, что отмель соответствует бывшему острову Сосновый (рис. 3).

Как было отмечено выше, на высоту волны кроме скорости ветра и длины разгона влияет рельеф дна, что с помощью эмпирических методов расчетов учесть достаточно сложно. Было принято решение применить для определения высоты волны, используя ранее полученные исходные данные по ветру и батиметрии, численное моделирование [3, 4].

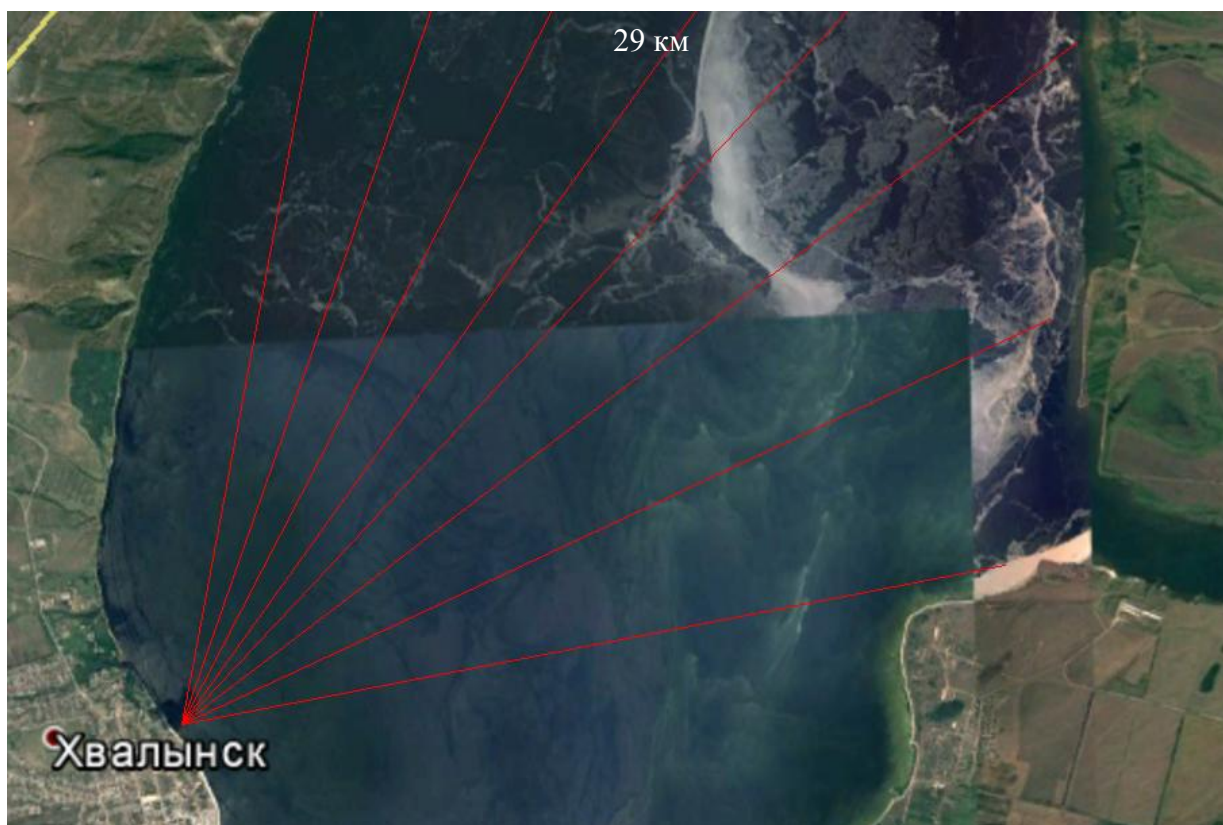


Рис. 1. Схема прилегающей акватории с указанием направления ветра

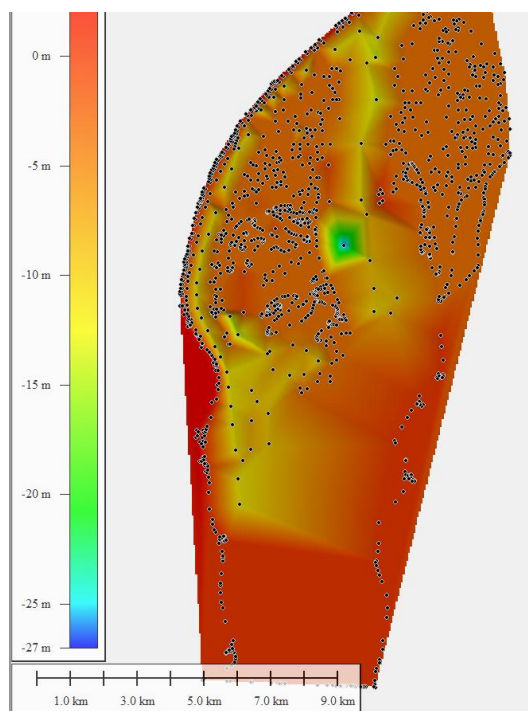


Рис. 2. Рельеф дна (относительно НПУ)

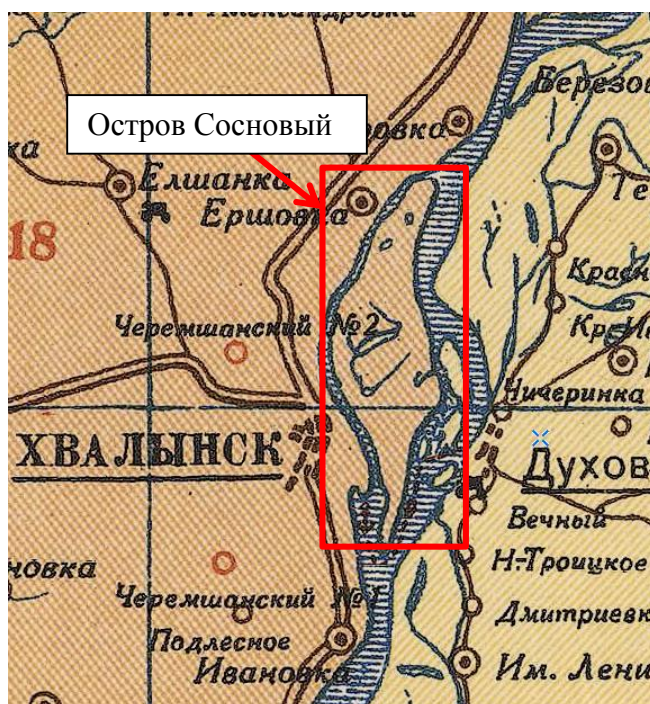


Рис. 3. Карта Саратовской области 1939 г.

В настоящее время для расчетного обоснования волновых процессов широкое распространение приобретают различные пакеты прикладных программ, реализующих

математические модели, апробированные для наиболее часто встречающихся на практике случаев (Flow 3D, Dtlft 3D, Bouss2d и другие [5, 6]). Применение названных программ позволяет значительно сократить время и финансовые средства в тех случаях, когда заложенные в них модели адекватно описывают рассматриваемые процессы и имеется полная и достоверная исходная информация для адаптации («подстройки») программы к объекту исследования.

В настоящей работе была использована известная программа Bouss2d. Bouss2d – это комплексная численная модель для моделирования распространения и преобразования волн в прибрежных районах и гаванях на основе решения методом конечных разностей нелинейных уравнений типа Буссинеска, в зависимости от времени. Они представляют собой интегральные уравнения сохранения массы и импульса для волн, распространяющихся в воде переменной глубины.

Моделирование выполнялось для следующих исходных: скорость ветра $V_w = 25$ м/с, длина разгона $L_{\max} = 29,0$ км, рельеф дна по данным карты глубин (www.rspin.com).

В результате моделирования были получены расчетные параметры волн. Максимальная высота значительных волн составила 0,56 м (рис. 4).

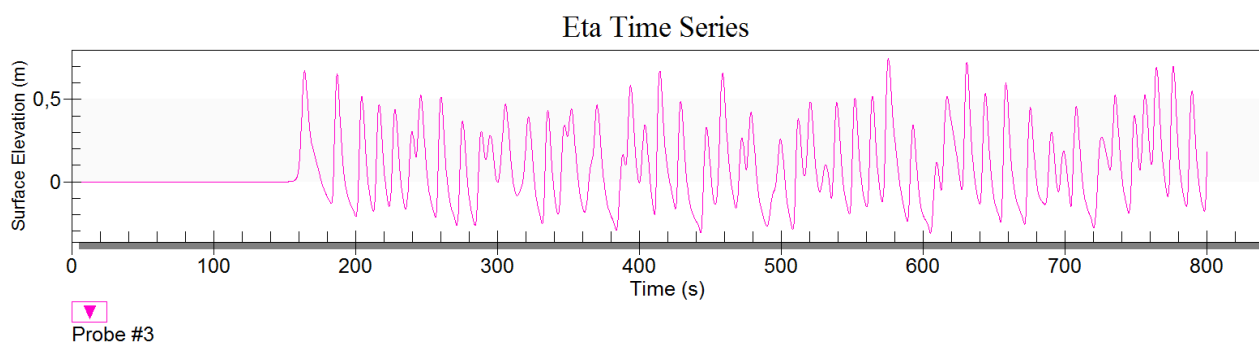


Рис. 4. Высота поверхности воды (волны) во времени

Небольшая высота волны, полученная в результате численного моделирования, объясняется в первую очередь наличием отмели, образованной затопленным островом. Для проверки этого предположения была проведена серия численных экспериментов с изменением рельефа дна – увеличением глубин на площади отмели. Результаты расчетов показали увеличение высоты волны до двух раз. Это подтверждает необходимость учета реального рельефа дна для определения волнового режима, а в качестве метода расчета – использование численного моделирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СП 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)
2. Лаппо Д.Д., Стрекалов С.С., Завьялов В.К.. Нагрузки и воздействия ветровых волн на гидротехнические сооружения. Л.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1990. 431 с.
3. Зотов К.В., Куаме К.Ж., Зотов Д.К. Комбинация математических и физических моделей при исследовании гидравлических процессов в системах технического водоснабжения. Проблемы формирования единого научного пространства. Сборник статей международной НПК. 2017. С. 171-174.
4. Арефьев Н.В., Михалев М.А., Зотов К.В., Зотов Д.К. Исследования отложения взвешенных наносов в морских водозаборах АЭС методом физического моделирования. Гидротехническое строительство. 2016. № 1. С. 37-40.
5. Delft3D-WAVE_User_Manual. [Электронный ресурс] – <https://oss.deltares.nl/web/delft3d/manuals/>
6. FLOW 3D [Электронный ресурс]. – <http://www.flow3d.com/home/products/flow-3d>

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО ОТКОСА НА ДАМБАХ КОМПЛЕКСА ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ОТ НАВОДНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

В состав Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (далее КЗС СПб от наводнений) входят 11 защитных дамб с несортированной каменной наброской («горной массой»).

При возведении защитных дамб был применен метод отсыпки камня пионерным способом, такое решение было оценено, как наиболее экономичное и целесообразное с позиции производства работ [1]. Альтернативным вариантом являлось крепление откосов бетонными плитами, укладываемыми на подготовку с обратным фильтром для чего пришлось бы организовать сухую рабочую зону с осушением котлована, чего не требует каменная наброска. Также существует разница между однородным каменным материалом и горной массой. Преимущество использования горной массы заключается не только в упрощении производства работ, но и в значительном снижении требований к гранулометрическому составу [2, 6].

Для обоснования конструкции были выполнены лабораторные исследования, по завершению которых предложено комбинированное крепление, разработанное в Ленгидропроекте. А именно, крепление защитных дамб на отметках от -3,000 до +3,000 – «горной массой» и бетонными плитами в верхней части от отметки +1,000 до +8,000 с формированием концевого участка в виде волноотбойной стенки (рис. 1) [1].

Однако на этапе достройки было принято решение отказаться от бетонных плит в пользу крепления несортированной каменной наброской откосов защитных дамб по всей высоте (рис. 2), для ускорения возведения сооружений.

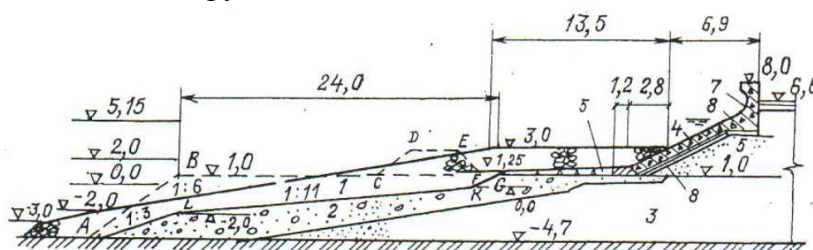


Рис. 1. Конструкция дамбы КЗС СПб от наводнений

- 1 – горная масса, $d = 5 \dots 1000$ мм; 2 – песчано-гравийный грунт $d = 0,01 \dots 100$ мм; 3 – песок;
4 – железобетонная плита, толщина 58 см; 5 – щебень, толщина слоя 30 см; 6 – песчано-гравийный грунт, толщина слоя 20 см; 7 – волноотбойная стенка; 8 – шпонка

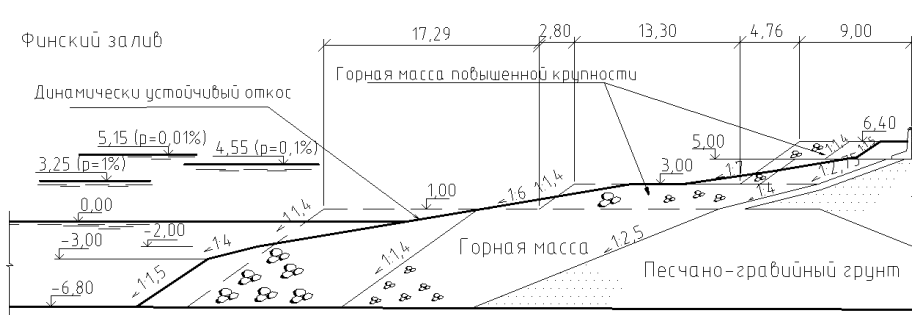


Рис. 2. Типовой поперечный разрез дамбы Д-2 со стороны Финского залива

Фракционный состав каменной наброски остался неизменным в соответствии с первоначальным проектом и лабораторными исследованиями [3]. Применена горная масса крупностью до 1000 мм (рис. 3).

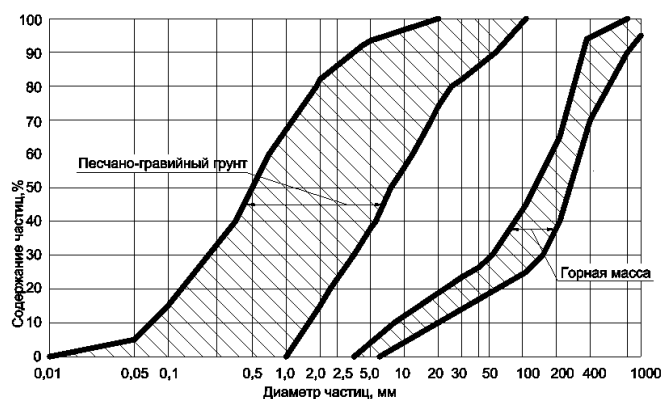


Рис. 3. Гранулометрический состав грунтов, используемых для возведения защитных дамб

Под воздействием волн откосы и бермы, показанные на рисунке 2, должны переформироваться в динамически устойчивый откос [5].

Процесс формирования динамически устойчивого откоса на защитных дамбах можно оценить по данным натурных наблюдений, в ходе которых периодически выполняются осмотры, а в отдельные годы была выполнена топографическая съемка.

Согласно осмотрам, переработка откосов и берм защитных дамб идет в основном на отметках +1,000...+3,000 м со стороны Финского залива. Вполне закономерно, большему воздействию подвергаются дамбы Д-2 и Д-3, расположенные в южной части КЗС, откосы защитных дамб Д-6...Д-10 расположенных в северной части комплекса практически не подвергаются переработке. Как можно видеть, из рисунка 4 при прохождении волн вдоль южного берега Финского залива, фронт волны проходит практически параллельно оси защитных дамб Д-2 и Д-3, то есть данные сооружения испытывают максимальное воздействие ветровых волн.

Для исследования процесса формирования динамически устойчивого откоса была выбрана защитная дамба Д-2, по которой был выполнен анализ топографической съемки откосов со стороны Финского залива за 2013 и 2016 годы.



Рис. 4. Схема Комплекса защитных сооружений г. Санкт-Петербурга от наводнений

Результаты оценки заложения откосов защитной дамбы Д-2 с верхней бровкой на отметках +1,000 и +3,000 за 2013 и 2016 годы приведены на рисунке 5.

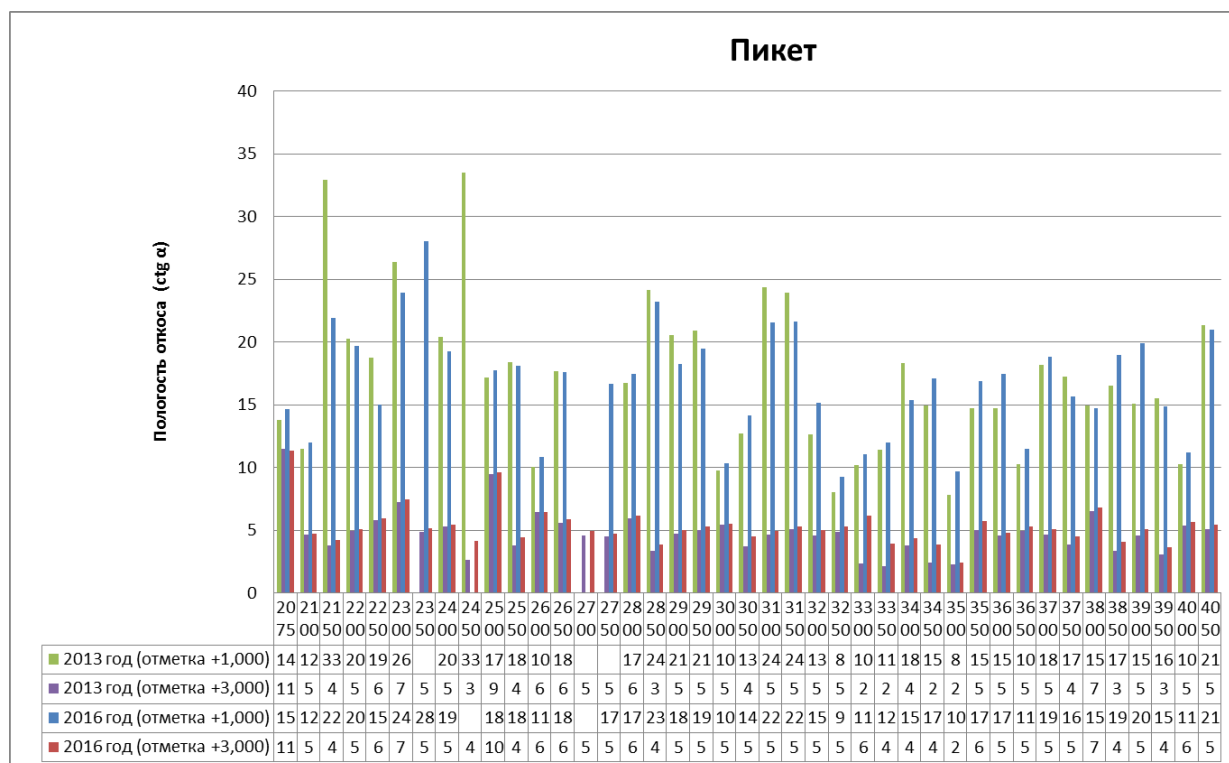


Рис. 5. Величины пологости откосов на соответствующих пикетах защитной дамбы Д-2 за 2013 и 2016 годы

Как можно видеть на рисунках 1 и 2, проектная величина динамически устойчивого откоса должна составлять 1:6 (пологость откоса 6). Согласно анализу рисунка 5 установлено, что средняя величина пологости откоса с верхней бровкой на отметке +1,000 за 2013 и 2016 годы в среднем составила величину порядка 17 (откос 1:17), а с верхней бровкой на отметке +3,000 откос уположивается до величины со средним значением 4,8 в 2013 году и 5,3 – в 2016 году, возможно приближаясь к проектному значению. При всем том результаты лабораторных исследований показывают, что при воздействии определенной волны на откос 200 раз, он становится близким к динамически устойчивому [4], но как можно видеть в реальных условиях вероятно этот процесс требует большего времени или за время эксплуатации на данных отметках не происходило воздействие волн с проектными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Попов И.Я., Горшукова Н.Г., Певзнер Л.Б., Смирнов В.П., Цыпляева Г.М. Исследования для обоснования конструкции крепления откосов грунтовых дамб Комплекса защиты Ленинграда от наводнений. Известия ВНИИГ т.208, 1988. С. 36-45.
2. Попов И.Я., Рябых В.М. Исследования защиты откосов земляных сооружений от воздействия волн // Труды координационных совещаний по гидротехнике. Вып. 61, 1970. С. 107-112.
3. Лаппо Д.Д., Попов И.Я. Крепление откосов грунтовых дамб Комплекса защиты Ленинграда от наводнений. Энергетическое строительство. 1985. №11. С.18-21.
4. Цыпляева Г.М., Черепанова Л.А., Котешкина О.Н. Крепление откосов горной массой. Известия ВНИИГ т.208, 1988. С. 60-63.
5. Попов И.Я. Экспериментальное исследование формирования волнами устойчивых профилей откосов земляных плотин и берегов водоемов. Известия ВНИИГ, т.70, 1962. С.91-102.
6. 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.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ
ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Цель работы – проведение наблюдений за планово-высотным положением деформационных марок сооружения с последующим сравнительным анализом с результатами предыдущего цикла наблюдений [1, 2].

Для достижения поставленной задачи были выбраны сооружения, расположенные в Выборгском районе Ленинградской области на северо-восточном побережье пролива Бьёркезунд Финского залива Балтийского моря. Наблюдения выполнялись на нефтепричале № 3, нефтепричале № 4, подходной эстакаде Э-4 и причале портофлота № 5 морского порта Приморск.

Инженерно-геодезические работы проходили в несколько этапов: подготовительные работы (изучение материалов предыдущих лет); геодезические работы по определению положения деформационных марок; обработка полученных данных [3, 5].

В качестве исходных материалов были получены планово-высотные положения деформационных марок за несколько циклов наблюдений, для того, чтобы оценить, как происходят перемещения в плане данных элементов сооружения. Первый цикл наблюдений за планово-высотным положением деформационных марок был выполнен в 2006 году, далее наблюдения выполнялись в 2009 и 2010 годах. При проведении инженерно-геодезических работ 2014 году была выявлена ошибка взаимного планового положения деформационных марок. В связи с этим, геодезические работы, выполненные в 2014 г. принимаются как нулевой цикл наблюдений, после чего проводилось еще два цикла: в 2015 и 2016 годах. Настоящие работы являются третьим циклом наблюдений [6-8].

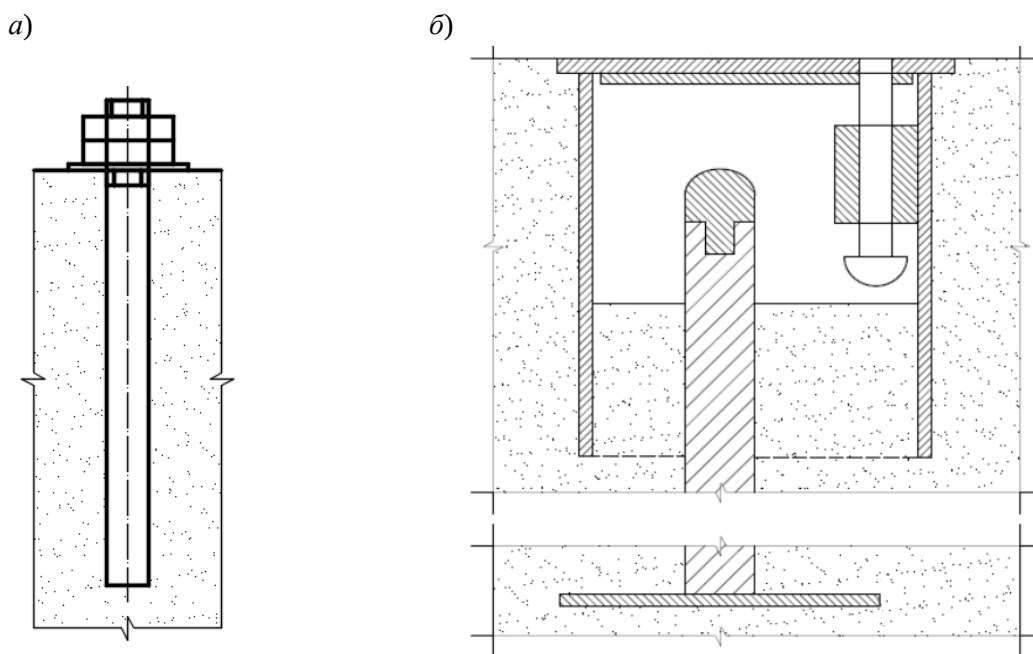


Рис. 1. Конструкции деформационных марок в виде анкерного болта (а),
стаканного типа (б)

В качестве исходных реперов для определения планово-высотного положения сооружений использовались два пункта опорной геодезической сети (ОГС) ПС4 и Рп6, заложенные в 2006 году. По результатам выполненных контрольных наблюдений сделан вывод о пригодности пунктов ОГС для выполнения работ.

Причалы №№ 3, 4, 5 и эстакада Э-4 оборудованы деформационными марками в виде анкерных болтов, забуренных в бетон на причалах №№ 3, 4 и эстакаде Э-4 и марками стаканного типа на причале № 5. Конструктивные типы марок представлены на рис. 1. Всего было обнаружено 116 марок (на причалах №№ 3, 4 – 76 марок, на причале № 5 – 7 марок, на узле сопряжения Э-4 и Э-5 – 4 марки, на эстакаде Э-4 – 29 марок). В 2017 году были установлены часть новых марок на эстакаде Э-4, на причалах №№ 3, 4, кроме того на причалах №№ 3, 4 некоторые имеющиеся марки были заменены новыми.

Материалы, полученные по итогам полевых работ, были обработаны, в результате чего составлена ведомость координат и высотных отметок причалов №№ 3, 4, 5 и эстакады Э-4. Величины предельно допустимых смещений и деформаций приняты на основании [3] и сведены в Таблицу 1.

Таблица 1

Предельно допустимые смещения и деформации элементов причалов №№ 3, 4, 5 и подходной эстакады Э-4

Элемент	Допустимое горизонтальное перемещение, мм	Допустимое вертикальное перемещение, мм
Палы П-15÷П-28	416	100
Промежуточные опоры ПО-3, ПО-4	416	100
ТП-3	496	100
ТП-4	496	100
Секции С-1, С-2, площадка под здание	416	100

В результате поэлементного сравнительного анализа смещений и деформаций следует сделать вывод о стабильном планово-высотном положении исследуемых сооружений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ермаков В.С., Загрядская Н.Н., Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Инженерная геодезия. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации морских и воднотранспортных сооружений. СПб.: Санкт-Петербург. гос. техн. ун-т. 2001, 71 с.
2. 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.
3. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
4. РД 31.35.10-86. Правила технической эксплуатации портовых сооружений и акваторий.
5. СП 126.13330.2012. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84.
6. Инструментальное наблюдение за планово-высотным положением конструкций Нефтепричала №3 и Нефтепричала № 4, подходной эстакады Э-4, причала Портофлота № 5. Том 4. Нулевой цикл наблюдений, СПб., 2014 г.
7. Инструментальное наблюдение за планово-высотным положением конструкций Нефтепричала №3, Нефтепричала № 4, подходной эстакады Э-4, причала Портофлота № 5. Том 3. СПб., 2015 г.
8. Контроль планово-высотного положения фундаментов зданий (сооружений) конструкций нефтепричала № 3, нефтепричала № 4, подъездной эстакады Э-4, базы МСП и причала портофлота № 5. Том 3, г. СПб., 2016 г.

РЫБОПРОПУСКНОЕ СООРУЖЕНИЕ ГИДРОУЗЛА НА РЕКЕ КАЖЫМ

После проведения реконструкции в состав гидроузла на реке Кажым, протекающей в республике Коми, входят земляная плотина и водосбросное сооружение.

Однородная земляная плотина, возведенная из песчаного грунта максимальной высоты 12 м и шириной по гребню 6 м создает водохранилище объемом 20,7 млн. м³.

Бетонное водосбросное сооружение постоянной ширины по всей трассе служит для регулирования подпора, а также для управляемого пропуска весеннего паводка реки Кажым в нижний бьеф.

В настоящее время для комплексного использования стока реки Кажым необходимо так же рассмотреть возможность реконструкции гидроэлектростанции и строительства рыбопропускного сооружения.

Согласно данным исследований, естественная рыбопродуктивность водохранилища составляет 10 кг/га. Ихтиофауну водохранилища входят щука, окунь, плотва, ерш, налим. В зимнее время в водохранилище встречаются сиг и хариус. Из-за весенней сработки уровней воды в отдельные периоды создаются неблагоприятные условия нереста местных рыб (щука, окунь). В Кажымском водохранилище с 2013 года начато разведение ценного вида рыб – форели.

Учитывая сказанное, цель настоящей работы стоит в улучшении условий нереста форели путем определения местоположения и строительства рыбопропускного сооружения.

Рыбоходы представляют собой лотки или небольшие каналы, по которым из верхнего бьефа в нижний течет вода, а в обратном направлении поднимается рыба. Для того чтобы рыба могла преодолевать встречное течение, скорости движения воды в лотке назначают в определенных пределах, проверенных опытным путем.

На данный момент существуют следующие виды рыбоходов: лотковые, прудковые и лестничные [1, 2, 6].

Рыбоходы, у которых по всему сечению скорости течения одинаковые, называют лотковыми. Их подразделяют на свободные лотковые рыбоходы и на лотковые рыбоходы с неполными перегородками. Первые имеют гладкие дно и стенки лотка и представляют собой по существу быстроток (уклон не более 0,05). Применяют этот вид рыбохода довольно редко и только при небольших гидроузлах с напором до 2-3 м. Лотковые рыбоходы с неполными перегородками имеют ряд преимуществ: скорость течения воды снижается до 0,8-2,0 м/с, также стоимость данного вида рыбохода несколько дешевле. Но из-за бурного режима потока с водоворотами, которые вызывают повреждение рыбы, их использование также ограничено.

Прудковые рыбоходы представляют собой идущие друг за другом бассейны (прудки), между которыми устраиваются каналы или лотки. Для того, чтобы рыба могла отдыхать, и выполняются бассейны, где скорость течения достаточно низкая по сравнению со скоростью в каналах. Длина прудков достигает 3-5 м, глубина – 0,6-0,8 м; разница между уровнем воды в прудках составляет 0,5-1,5 м. Прудковые рыбоходы достаточно эффективны, поскольку в них создаются привычные для рыбы условия, также они дают возможность преодолевать рыбам напор до 15 м. Однако из-за того, что грунты и рельеф берега сильно влияют на возможность строительства рыбохода, данный вид применяется редко.

Лестничные рыбоходы, исходя из названия, состоят из ступеней и поперечных перегородок. В перегородках устраивают вливные отверстия. В зависимости от породы рыб

они могут быть поверхностными или донными. В целях гашения энергии потока воды вливные отверстия выполняют в шахматном порядке.

Лестничные рыбоходы обычно имеют по несколько маршей с высотой подъема 2,5-4 м в каждом, а между маршами для отдыха рыб устраивают удлиненные бассейны.

Из трех видов рыбоходов лестничные – самые предпочтительны, поскольку они применяются на гидроузлах с напором до 30 м с использованием разнообразных материалов. В них обеспечиваются естественные условия для рыб с возможностью создания искусственного освещения.

Проанализировав положительные и отрицательные стороны каждого из видов рыбоходов, а также, учитывая то, что напор на исследуемом гидроузле больше 10 м, согласно СНиП 2.06.07-87 [5] был выбран рыбоход лестничного типа и все расчеты выполнялись для него.

На рис. 1 приведена схема расположения рыбохода на генеральном плане гидроузла Кажымского водохранилища. Рыбоход размещен на правом берегу реки на расстоянии 120 м от водосброса. В верхнем бьефе у входного оголовка с целью привлечения рыбы устроены дождеватели максимальной длиной 68 м от земляной плотины. На данном участке дополнительно на плавучих понтонах располагается искусственное освещение.

В нижнем бьефе разделяются потоки сбрасываемого расхода с водосливной плотины и проходящие через рыбоход насыпной дамбой. Расстояние между заданными сооружениями принимается в соответствии с нормативными документами.

В результате расчетов рыбопропускного сооружения были приняты характеристики и размеры секции бассейна:

- перепад высот на каждой ступени водохранилища равен 0,5 м;
- два вливных отверстия размерами 0,4×0,4 м на расстоянии 1,1 м от дна;
- скорость потока в рыбоходе – 0,33 м/с;
- ширина бассейна – 2 м;
- длина бассейна рыбохода – 8 м;
- специальные бассейны, в которых рыба будет отдыхать, с размерами 3,0×12×1,5 м.

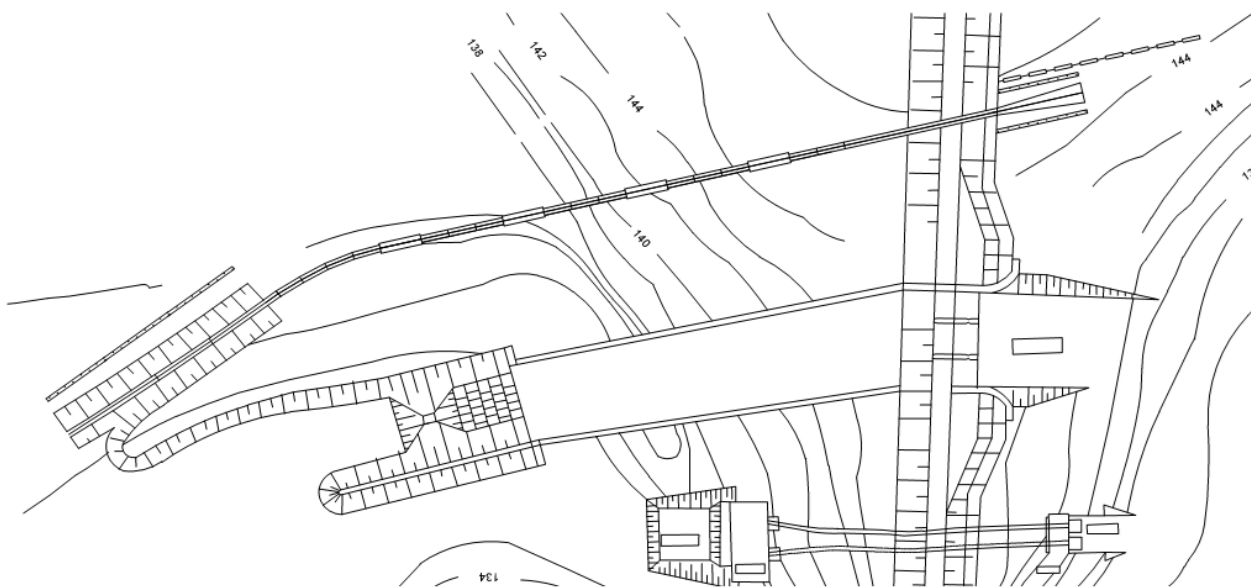


Рис. 1. Размещение рыбохода на генеральном плане гидроузла Кажымского водохранилища

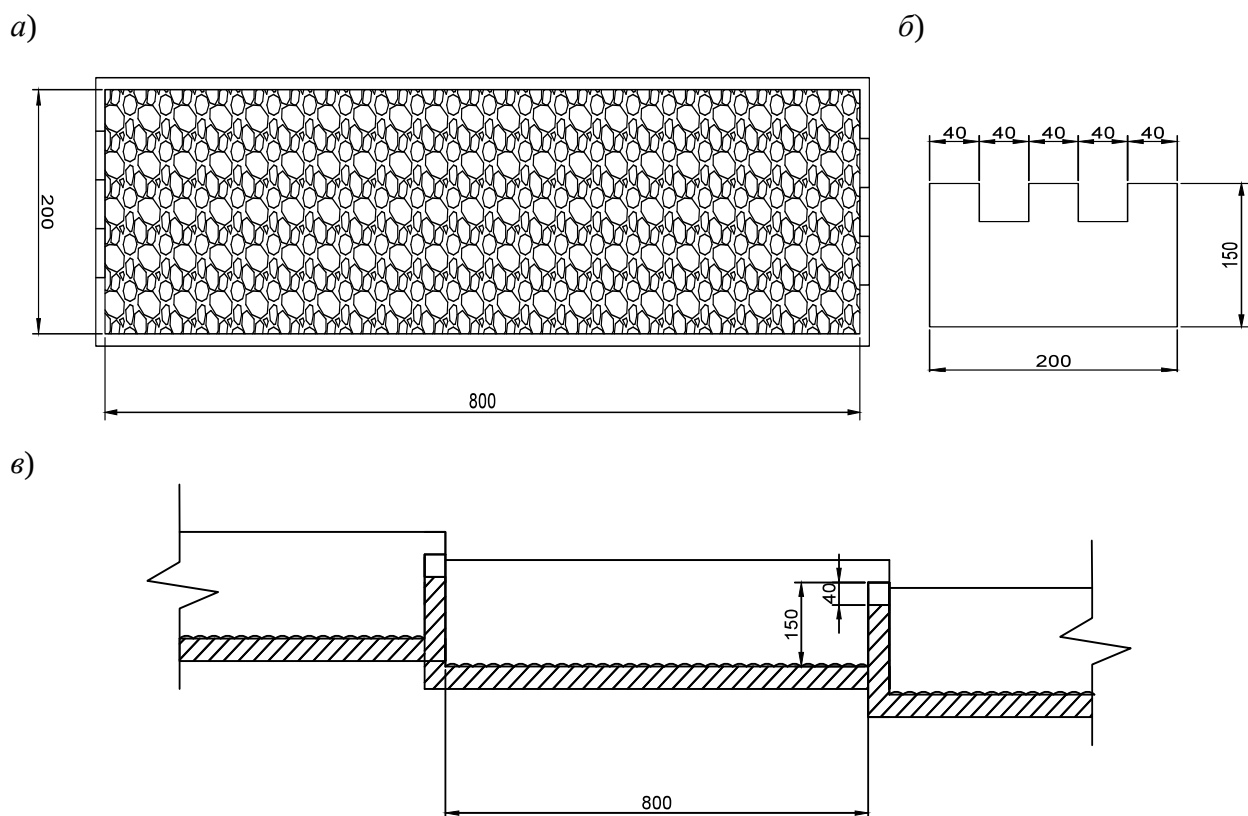


Рис. 2. Основные размеры секции бассейна рыбохода:
 а – план; б – поперечный разрез; в – продольный разрез

При расчетах использовалась информация из источников [3-5]. На рисунке 2 приведены полученные основные размеры секции бассейна в плане на продольном и поперечном разрезах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Малеванчик Б.С., Никоноров И.В. Рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1984. 256 с.
2. Тихий М.В., Викторов И.В. Запасы рыб и гидростроительство. М.: Пищепромиздат, 1940. 200 с.
3. СНиП 2.06.07-87 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция. М., 2012 36 с.
4. Павлов Д.С., Скоробогатов М.А. Миграции рыб в зарегулированных реках. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 413 с.
5. Банк О., Кох В., Иенс Г. Рыбоводство. М.: Пищевая промышленность, 1980. 210 с.
6. Лавров Н.П., Афонин Е.А., Некрасов П.Ю. Рыбоход для водозаборного сооружения деривационных ГЭС. Патент РФ на полезную модель №112215, МКП Е 02 В 8/08, бюлл. № 1, 2012.

УДК 627

Н.Н. Гаврилов, Д.А. Шарапов
 Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРИЧАЛ ЯЧЕИСТОЙ КОНСТРУКЦИИ НА КАРСКОМ МОРЕ

В настоящее время в Российской Федерации интенсивно развивается нефтедобывающая отрасль. В частности, происходит активное освоение арктического шельфа [4, 6, 9].

Возможной конструкцией гидротехнических сооружений, подходящих для строительства в условиях Арктики, являются конструкции типа «ячейки», засыпанные щебнем и песком и выполненных с применением стального шпунта типа: AS 500-12, AS 500-12.5, AS 500-12,7 или листов стали, которые могут быть запроектированы как самостоятельное гравитационное сооружение или сооружение, включающее в себя несколько ячеек [7]. Важным элементом, воспринимающим нагрузки в ячеистой конструкции является грунт (наполнитель внутри), который намывается в ячейки из близлежащих придонных районов либо привозится из карьеров, таким образом, данная конструкция может оказаться дешевле альтернативных. Кроме того, такие конструкции могут возводиться непосредственно на скальном основании без буровых работ. Еще одним из преимуществ ячеистых конструкций является то, что их можно возводить напрямую со льда [8].

Такие сооружения представляют собой более экономический вариант для работ в глубоких водах, длинных сооружений и работ с большими объемами бетона.

В наше время все основные типы ГТС можно возводить, применяя ячеистые конструкции. Возможность строительства на больших глубинах и в арктических условиях стала доступной с использованием плоского шпунта с повышенным сопротивлением замков разрыву [2, 8].

В рамках работы будет запроектирован причал для расчётного судна – плавучей регазификационной установки (ПРГУ) «Independent».

Геометрические размеры конструкции (рис. 1) определяются устойчивостью и прочностью основных элементов под действием нагрузок в горизонтальной плоскости и собственного веса объекта, при учете эксплуатационных нагрузок, расположенных на верхней поверхности.

Глубина забивки шпунта в грунт основания находится из расчёта устойчивости по круглоцилиндрической поверхности согласно РД 31.31.55-93 [1].

Расчёт по круглоцилиндрической поверхности выполняется с использованием программного комплекса САПР «Гидротехника» (рис. 2).

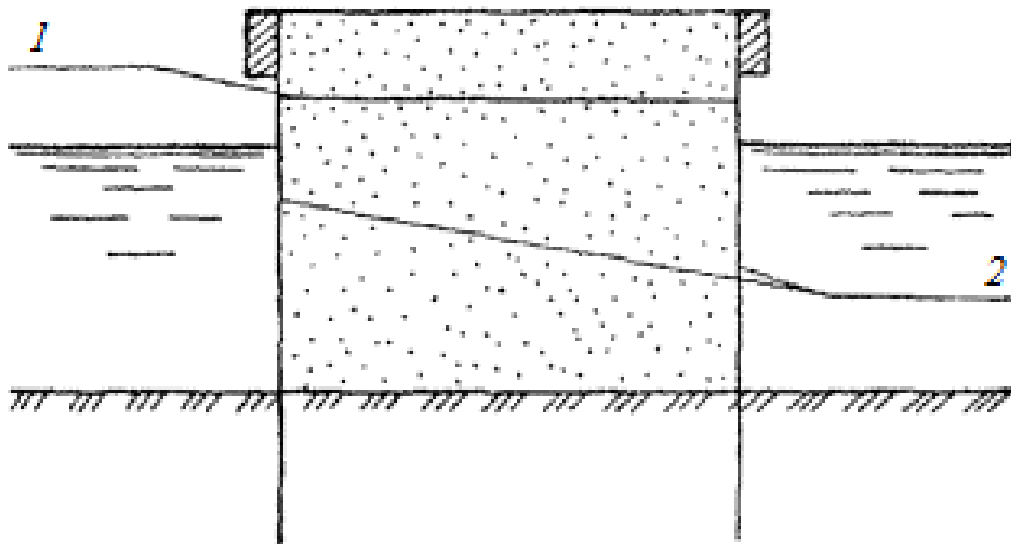


Рис. 1. Ячеистая конструкция цилиндрического типа:
1 – песчаная засыпка; 2 – ячейка цилиндрического типа

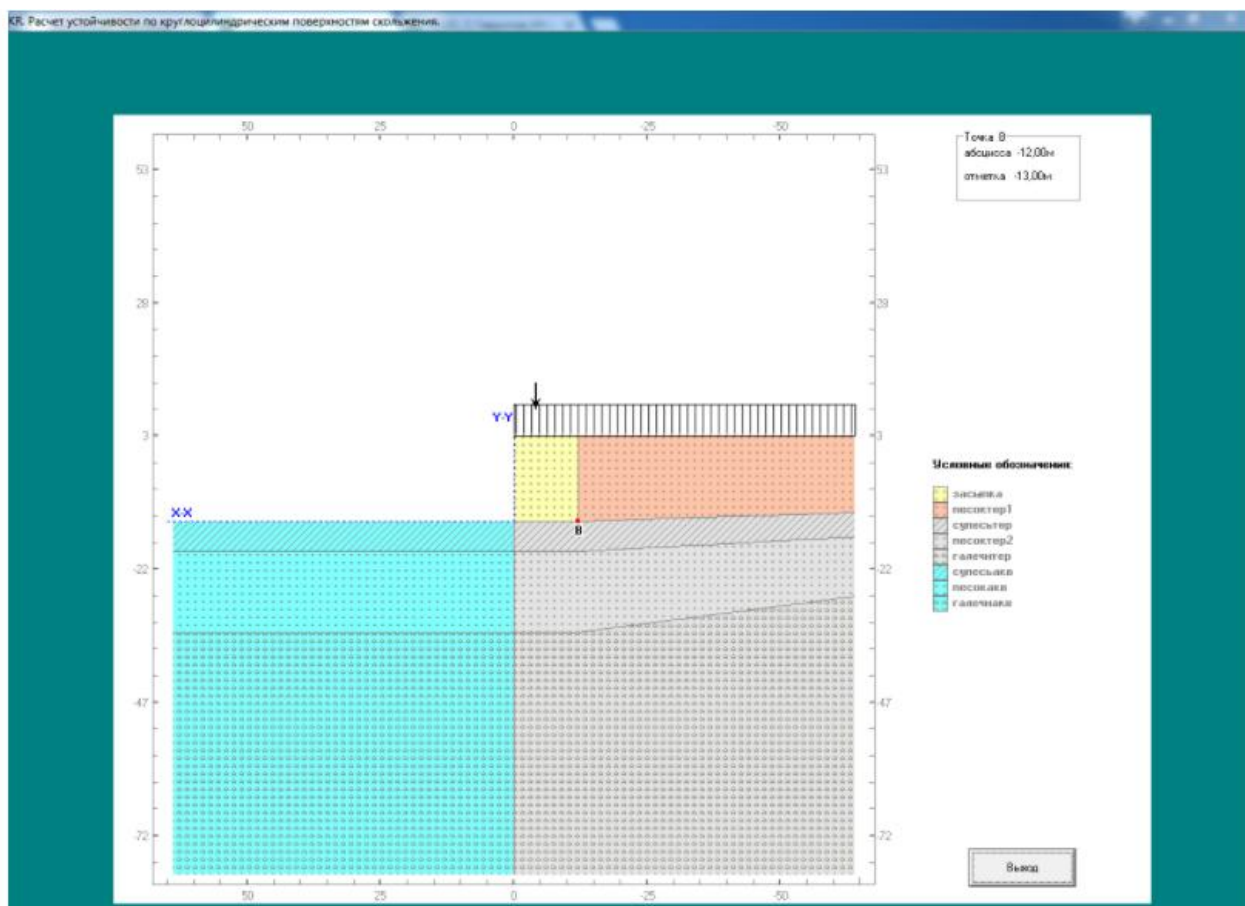


Рис. 2. Исходная схема для расчета по кругло-цилиндрической поверхности SKAD

Применяя условие устойчивости для проверки на сдвиг в вертикальной плоскости при наличии горизонтальных нагрузок, но без временно-распределенных нагрузок по поверхности объекта, определяется диаметр ячейки-цилиндра.

$$\gamma_{lc} M_t \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} M_r, \quad (1)$$

где γ_{lc} , γ_c , γ_n – коэффициенты сочетаний нагрузок, условий работы, надежности по ответственности сооружения соответственно; M_t – результирующий момент от горизонтальных нагрузок из вне, относительно центра тяжести подошвы сооружения, кНм; M_r – суммарный момент удерживающих сил, относительно центра тяжести подошвы конструкции, кНм [1].

Прочность замковых соединений в конструкции представлено в формуле (2).

$$\gamma_{lc} P_3 \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} R_3, \quad (2)$$

где P_3 – разрывающее усилие, возникающее в замках шпунта, кН/м; R_3 – предельное сопротивление в замках шпунта, кН/м.

Также учитываются нагрузка навала от судна и нагрузка от воздействия льда. Так как строительство происходит в арктических условиях, ледовые нагрузки имеют наибольший вес. Расчет по СП 38.1330.2012 проводят на нагрузки от ровного льда, от наслоенного льда, от плавающих ледяных торосов [3, 5].

Результат будущего строительства может оказать существенное влияние на освоение Арктики РФ, в частности Ленинградского и Русановского газового месторождения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. РД 31.31.55-93. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений. М., 1996.
2. Кульмач П.П., Филиппенок В.З., Заритовский Н.Г. Морские гидротехнические сооружения. Ч. 1. Основы морской гидрологии и оградительные сооружения. Изд-во ЛВВИСУ. Л.: 1990.
3. СП 38.1330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. 2013.
4. Ким С.Д., Финагенов О.М., Уварова. Т.Э. Определение ледовых нагрузок на сооружения континентального шельфа по нормам различных стран // Научно-технический сборник. Вести газовой науки, №3. 2013. С. 97-103.
5. Альхименко А.И. и др. Безопасность морских гидротехнических сооружений. СПб: Изд-во «Лань», 2003.
6. Шарапов Д.А., Шхинек К.Н., Нагрузки от льда на вмерзшие вертикальные стальные сооружения при горизонтальных подвижках ледового покрова, Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. 2016. Т. 282. С. 99-107.
7. AS 500 straight web sheet piles [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://sheetpiling.arcelormittal.com/page/index/name/production-program>
8. Селиверстов В.И. Методика расчета деформаций цилиндрических стальных ячеек гидротехнических сооружений. Диссертация к.т.н. Политехнический институт, Владивосток 1987.
9. Sharapov D., Shkhinek K., Delvals T.A. Ice collars, Development and effects, Ocean Engineering, Vol115 (2016), pp. 189-195.

УДК 627

П.С. Иванов

Санкт-петербургский политехнический университет Петра Великого

МЕТОД ПОДВИЖНЫХ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ

Клеточный автомат – дискретная модель, которая включает регулярную решётку ячеек, каждая из которых может находиться в одном из конечного множества состояний. Для каждой ячейки определено множество ячеек, называемых окрестностью. Для работы клеточного автомата требуется задание начального состояния всех ячеек и правил перехода ячеек из одного состояния в другое. На каждой итерации, используя правила перехода и состояния соседних ячеек, определяется новое состояние каждой ячейки.

Модель клеточных автоматов была разработана в 1940-е годы [1] и активно изучается и применяется в настоящее время в математике, теории вычислимости, физике, теоретической биологии и пр. областях науки.

Movable cellular automata (MCA) или метод подвижных клеточных автоматов – это метод вычислительной механики деформируемого твёрдого тела, основанный на дискретном подходе клеточных автоматов. Метод предложен в 1998 году сотрудниками Российского материаловедческого центра и Института физики прочности и материаловедения СО РАН [2].

В рамках метода MCA объект моделирования описывается как набор взаимодействующих элементов (автоматов). Динамика множества автоматов определяется силами их взаимодействия и правилами для изменения их состояния. Эволюция этой системы в пространстве и во времени определяется уравнениями движения.

Как отмечалось выше, главная идея модели клеточных автоматов заключается в правилах перехода ячеек из одного состояния в другое. Метод подвижных клеточных автоматов позволяет учитывать изменение состояний ячеек совместно с их перемещением.

Покажем принцип работы MCA на примере переключения автомата между связанным и несвязанным состояниями. Связанное состояние – это состояние, когда оба автомата

принадлежат одному сплошному телу. Несвязанное – когда каждый автомат принадлежит разным телам или фрагментам поврежденного тела.

Критерием переключения состояния автоматов из связанного в несвязанное будет h^{ij} , параметр перекрытия автоматов i и j (рис. 1), где d^i и d^j – характерные размеры автоматов.

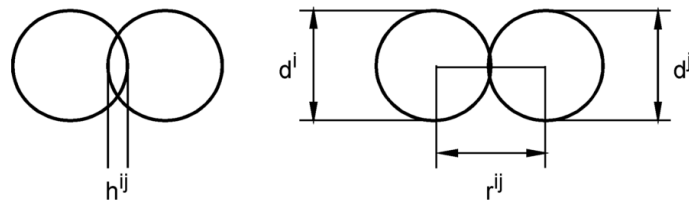


Рис. 5. Параметр перекрытия автоматов

При $h^{ij} < h_{max}^{ij}$ пара автоматов связана.

Для сплошного тела этот параметр рассчитывается для каждой пары автоматов (рис. 2).

Если степень перекрытия связать с напряжением, то можно определить такую величину h_{max}^{ij} , которая будет характеризовать потерю прочности, тем самым позволяя моделировать хрупкое разрушение, например, бетонного тела. Так как расчет итерационный, то можно моделировать развитие хрупкого разрушения во времени напрямую.

Приведенный пример приключения состояний автоматов, как и другие теоретические описания метода приведены в [3].

В целом, основное преимущество рассматриваемого метода заключается в том, что все моделируемые процессы задаются в виде состояний каждого отдельного автомата. Эти состояния могут характеризовать многие параметры тела, которые могут взаимно влиять друг на друга. Таким образом можно моделировать:

- перемешивание масс;
- эффект проникновения;
- химические реакции;
- фазовые превращения;
- накопление повреждений;
- фрагментация и трещины;
- генерация и развитие повреждений.

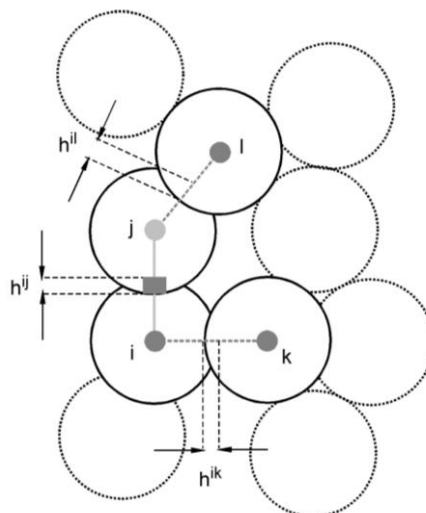


Рис. 6. Параметр перекрытия для нескольких автоматов

К сожалению, сложность вычислений при увеличении количества автоматов возрастает экспоненциально, что ограничивает сферу применения метода. Для преодоления данного недостатка было предложено решение, позволяющее использовать МСА совместно с методом конечных элементов (МКЭ) [4].

Данный метод был использован для моделирования генерации и распространения упругих волн при контактном взаимодействии твердых тел [5], он интересен для гидротехнических расчетов тем, что при моделировании гидротехнических сооружений, позволяет выделить в модели наиболее опасные места конструкции и подробно смоделировать в них дополнительные воздействия, что может уточнить проводимые расчеты [6].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Pickover C.A. The math book. Sterling Pub, 2009.
2. Псахье С.Г. и др. Метод подвижных клеточных автоматов как инструмент физической мезомеханики // Физическая мезомеханика. 1998. Т. 1. С. 95-108.
3. Псахье С.Г. и др. Метод подвижных клеточных автоматов как новое направление дискретной вычислительной механики. I. Теоретическое описание // Физическая мезомеханика. 2000. Т. 2. С. 5-13.
4. Псахье С.Г. и др. Моделирование поведения сложных сред на основе комбинированного дискретно-континуального подхода // Физическая мезомеханика. 2003. Т. 6. С. 6-11.
5. Добрынин С.А. Развитие метода подвижных клеточных автоматов для моделирования генерации и распространения упругих волн при контактном взаимодействии твердых тел. 2009.
6. Шхинек К.Н., Балагура С.В., Большев А.С., Фролов С.А. Математическое моделирование воздействия ровного льда и торосов с заякоренными плавучими сооружениями типа FPU и платформами типа SPAR. Научно-технический сборник РМРС, 2009, № 32, с. 93-108.

УДК 627.05

В.К. Коровина, А.В. Красова, Я.И. Носова, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРУБОШПУНТА В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Цель работы – изучение эффективности применения трубошпунта в гидротехнических сооружениях, выявление основных преимуществ и недостатков данной конструкции.

Трубошпунт (ТШ) состоит из стальных труб и муфт, приваренных с обеих сторон каждой стальной трубы (рис. 1). Одна труба крепится к другой посредством взаимного сцепления составляющих. Чаще всего используются соединения типа: Р-Р, Р-Т и L-Т, представленные на рис. 2. Эти виды соединений являются наиболее классическими [1].



Рис. 1

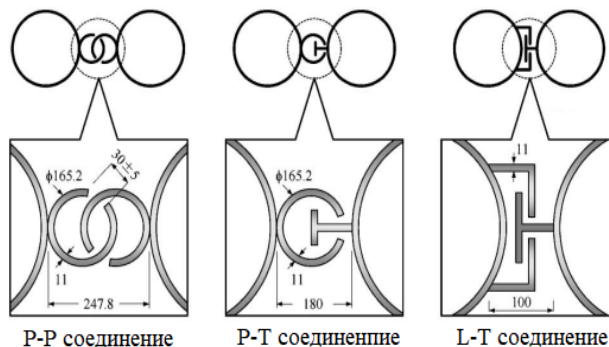


Рис. 2

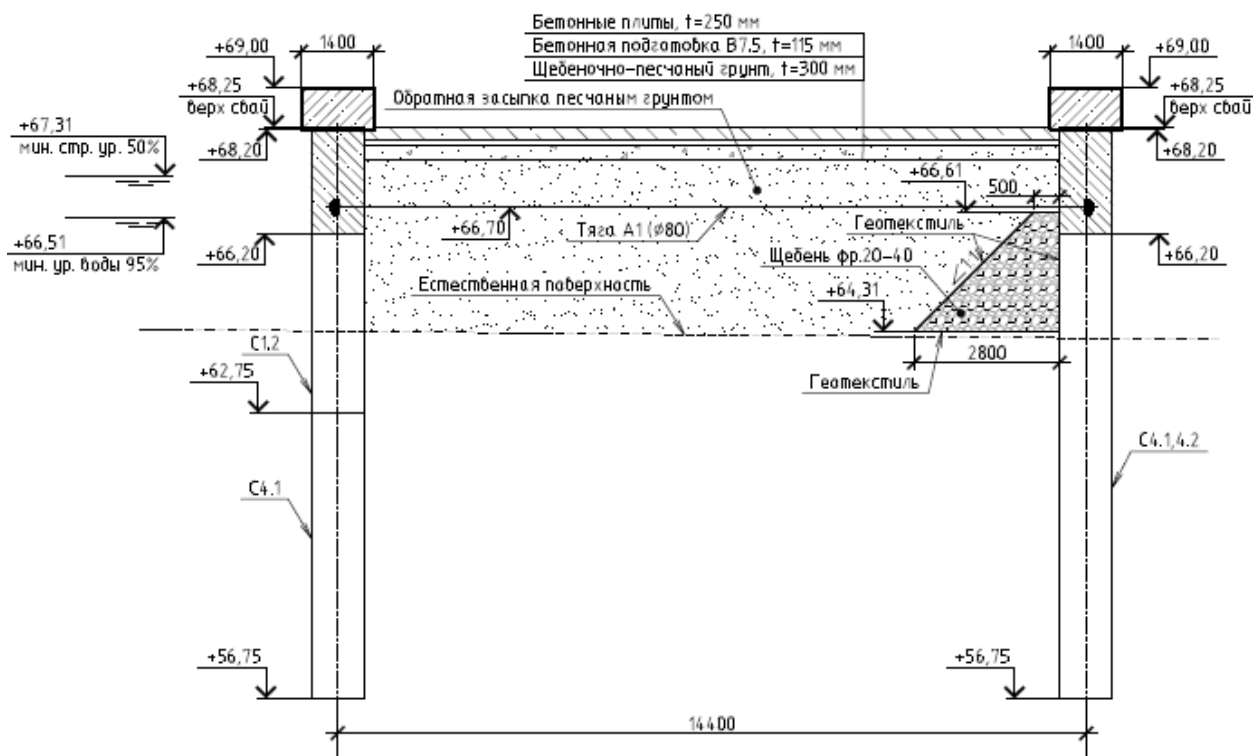


Рис. 3

ТШ предназначен для применения в гидротехническом, транспортном и промышленно-гражданском строительстве в конструкциях шпунтовых стен капитальных и временных сооружений. ТШ используется для удерживания от обрушения откосов насыпей автомобильных дорог, транспортных развязок, возведения речных причалов, набережных, камер шлюзов, защиты берегов от размыва, крепления котлованов, траншей. Так, например, для реконструкций набережных и мостов Санкт-Петербурга используют именно конструкции из шпунтов [2, 4-6].

Сооружения на основе ТШ проектируются и эксплуатируются по всему миру [1, 3]. Одним из примеров является причал Ро-Ро Омского НПЗ. Он состоит из пандуса, опорного устройства, берегоукрепления и швартово-отбойных пал. Пандус, берегоукрепление и отбойное устройство сконструированы с использованием ТШ.

Пандус запроектирован в виде взаимозаанкеренной конструкции из ТШ ШТС 1020x10 ЗСГ1. Для восприятия давления засыпки грунта и эксплуатационных нагрузок предусмотрена установка стальных анкерных тяг Ø65 (сталь 09Г2С) с шагом 2,4 м. Торцевая стенка со стороны подхода судна заанкеренна за дополнительную анкерную стенку из ТШ ШТС 1020x10 ЗСГ1 анкерными тягами Ø65. Для снижения гидростатического давления на лицевую стенку при резком понижении уровня воды, вдоль призмы из щебня в ТШ стенке предусмотрены дренажные отверстия, также дополнительно для защиты от вымывания песчаного грунта из тела сооружения и как следствие во избежание осадок территории причала, выполняется укладка геосинтетического материала. Для обеспечения совместной работы свай и исключения изгибов лицевой стенки, по верху ТШ стенка омоноличивается железной балкой с помощью арматурных каркасов, устанавливаемых в трубы. На рис. 3 приведен разрез пандуса причала Ро-Ро.

Берегоукрепление выполнено из ТШ ШТС 1020x10 ЗСГ1. Трубы объединены железобетонным ростверком, посредством установки в них арматурных каркасов.

Опорное устройство служит для опирания упоров баржи при выгрузке КТО на причал. Опорная конструкция состоит из двух участков одинаковой конструкции под два упора корпуса баржи. Длина участков рассчитана с учетом возможности швартовки баржи к палам при ее наведении. Каждый участок состоит из свайного ряда – три свая ШТС 1020х10 ЗСГ1 и верхнего строения: крышки свайного ряда из стального листа, распределительного пояса из двутавровых балок и деревянного щита-амортизатора из сосновых брусьев.

Наиболее распространенным видом шпунтов на сегодняшний день является шпунт Ларсена, который представляет собой арматуру корытного типа с замковой частью. ТШ является альтернативой для строительства шпунтовых ограждений. Он обладает всеми преимуществами шпунта Ларсена, такими как отличные прочностные характеристики, высокая сопротивляемость окислению, возможность многократного использования, простота монтажа, использование при любом типе грунта.

Кроме того, ТШ обладает особенностями, которые делают его использование более удобным в ряде случаев. Его можно почти неограниченно усиливать за счет замещения части грунта внутри несущей сваи армокаркасом с железобетоном, просто бетонированием или размещением внутри трубы меньшего диаметра, балки, швеллера, и т.д. Эта конструкция позволяет получить наибольший момент сопротивления погонного метра трубошпунтового ряда на единицу массы по сравнению с другими профилями. Изменяя толщину, марку стали, толщину стенки и диаметр трубы можно легко корректировать прочностные свойства в необходимых пределах. Другими важными достоинствами ТШ являются высокая стойкость к коррозии, высокая степень надежности в сейсмоопасных районах, возможность поворота стенки под любым углом за счет соединительных элементов. Одним из плюсов является возможность устанавливать в нижней части ТШ рассекающие усиленные ножи, вставлять коррозионностойкие элементы в уязвимых областях свай, например, в зоне воздушно-водной границы. При трудностях с погружением можно использовать шнеки для разбуривания грунта внутри трубы, дробления валунов, удаления препятствий в виде деревянных старых свай и коряг. Несущая свая ТШ может быть использована в качестве «стакана» для установки опор освещения, электрооборудования, элементов противоосыпных конструкций и т.п.

ЛИТЕРАТУРА:

- Kimura, M., Inazumi, S., Too, A. J. K., et al. Development and Application of H-Joint Steel Pipe Sheet Piles in Construction of Foundations for Structures (2007).
- Nikonov A., Pavlov S., Terleev V. et al. Use of Enclosing and Temporary Special Structures under the Reconstruction of Hydraulic Facilities in Saint-Petersburg (2015), St. Petersburg State Polytechnical University. International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities, SPbUCEMF-2015.
- Inazumi, S., Kimura, M., Too, A. J. K. and Kamon, M. (2005). Performance of H-jointed steel pipe sheet piles with H-H joint in vertical hydraulic cutoff walls, Proc. 16th ICSMGE, 4, 2269–2272.
- 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.
- Малеванов К.А., Беляев Н.Д. Характерные повреждения причалов типа «больверк» и мероприятия по их устранению. Материалы межвузовской конференции. XXXII неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. Ч. I. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. С. 17-19.
- 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.

ФОРМИРОВАНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ПАВОДКА НА ГОРНЫХ РЕКАХ

Цель работы – определение способа трансформации паводка и предотвращение наводнений.

Дождевой паводок характерен для горных и предгорных рек. Горные реки, прежде всего, отличаются большими уклонами, развитой сетью притоков и выглаженным руслом. Такие особенности влияют на процесс формирования и прохождения паводка. Представим модель паводка речной сети, состоящей из горных и равнинных рек (рис.1).

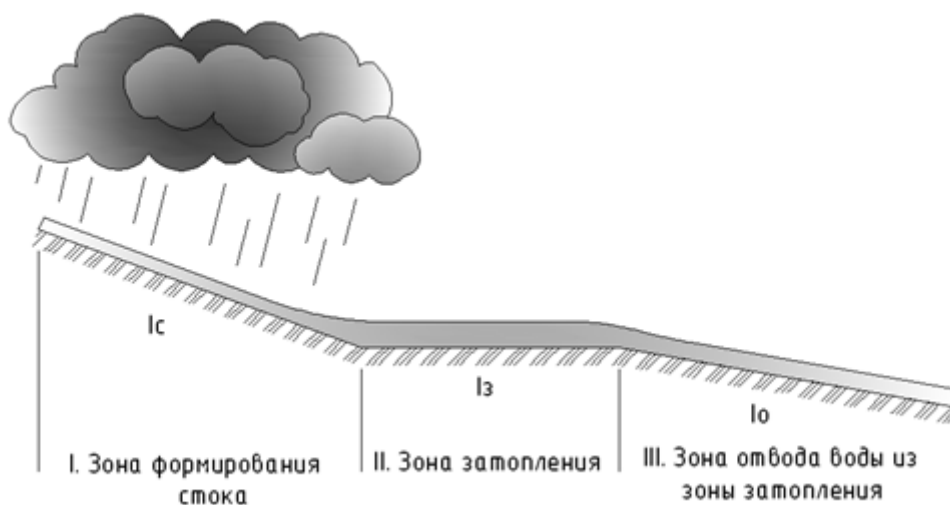


Рис. 1

Упрощенно ее можно разделить на три зоны: формирование стока, затопление, отвод воды из зоны затопления. Данные участки взаимосвязанные между собой и их свойства формируют жизненный цикл паводка. Итак, разберем вклад каждой зоны в прохождения паводка.

Зона формирования стока – представляет из себя обширную часть бассейна речной сети, расположенную в высокогорном участке [1, 5]. Горные склоны обладают густой сетью крупных и мелких рек, которые образуются между вершинами водоразделов. Многие реки большую часть времени находятся в пересохшем состоянии или представляют собой мелкие ручьи, но во время дождя уровни воды сильно поднимаются и русла рек полностью заполняются. Крутые склоны быстро доставляют попавшую на них воду в разветвленную речную сеть мелких притоков.

На движение воды на данном участке огромное влияние оказывают особенности рельефа и факторы подстилающей поверхности. Русла горных рек в большинстве случаев хорошо выглажены временем и сильными потоками воды. Эти два фактора, работающие совместно, уменьшают шероховатость русла реки. В совокупности с большими уклонами горных склонов такое свойство позволяет очень быстро транспортировать воду с высокогорных участков вниз к подножью гор. Этот факт хорошо подтверждается уравнением Шези [5], описывающим среднюю скорость потока в зависимости от свойств русла и уклона.

$$V = C\sqrt{RI},$$

где V – скорость потока, м/с; C – коэффициент Шези, зависящий от шероховатости русла и геометрической формы русла; R – гидравлический радиус, м; I – продольный уклон русла, м.

Коэффициент Шези определяется по формуле Маннинга [3]:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}},$$

где n – шероховатость русла реки, обусловленная материалом русла.

Такая зона формирования стока позволяет быстро собрать большое количество воды с высокогорной части бассейна реки и за минимальное время спустить его к подножью гор. Большая скорость уменьшает количество потерь на фильтрации и инфильтрации воды.

Зона затопления – образуется в результате нарушения баланса расходов между зонами. Как только какой-либо участок реки становится не способным принять и пропустить объём воды, поступивший в него, он пытается повысить свою пропускную способность за счёт увеличения поперечного сечения. Так происходит затопление поймы и прилегающей к ней территории. Такого рода затопление происходит вследствие изменения свойств поверхности, на которой происходит движение воды, в нашем случае – это равнинные места у подножья гор. Эта зона имеет значительно меньший уклон и большую шероховатость, что заставляет поток уменьшить скорость.

Зона отвода воды – эта зона оказывает большое влияние на величину зоны затопления, поскольку от ее пропускной способности зависит, будет ли затопление вызвано лишь неспособностью второй зоны пропустить большой расход или создаваемым подпором и нарушением баланса расходов. Формула определения расхода, задерживаемого второй зоной

$$Q_{II} = Q_I - Q_{III},$$

где Q_I , Q_{II} , Q_{III} – расход, проходящий через первую, вторую и третью зону, соответственно, м³/с).

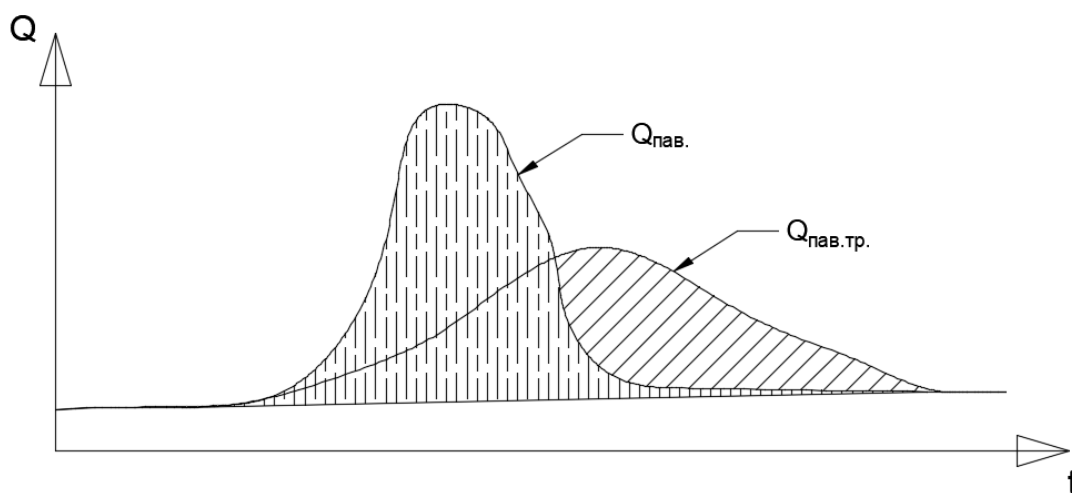


Рис. 2

В основу трансформации паводка положена идея перераспределения расхода во времени. Поскольку затопление прибрежной территории вызвано пиковыми расходами, необходимо уменьшить максимальный расход до величины пропускной способности данного участка реки. В таком случае происходит срез пикового расхода и распределение его во времени (рис. 2).

Такого эффекта можно добиться, изменив свойства зоны формирования паводка, поскольку она в первую очередь определяет масштабы наводнения. Если создать в первой зоне аккумулярующие участки, которые будут перехватывать часть стока реки и в последствии равномерно возвращать его в русло, то получится саморегулирующая система,

предотвращающая переполнение главной реки, тем самым защищая территорию от паводкового наводнения. Такие участки изменяют гидроморфологическое строение речной сети, полностью изменив её свойства. Они могут представлять из себя ряд невысоких плотин-порогов [2] фильтрующих или с донными водосливами [4]. Определяя оптимальные места для их возведения, мы можем добиться необходимых свойств от зоны формирования стока и тем самым ограничить расход главной реки в период паводка.

Итак, трансформация паводка – один из способов борьбы с наводнениями на предгорных реках, основанный на изменении свойств речной сети в целом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Катастрофический паводок в бассейне р. Адагум 6-7 июля 2012 г. и его причины. ФГБУ «ГГИ», ФБГУ «Краснодарский ЦГМС» и департамент Росгидромета ЮФО и СКФО.
2. Колосов М.А. Водное хозяйство и основы водохозяйственного проектирования. Методические указания по выполнению курсовой работы. СПб.: СПГУВК, 2007. 31 с.
3. Чугаев Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов. 4-е изд., доп. и перераб. Л.: Энергоиздат. 1982. 672 с.
4. Моргунов К.П. Гидравлика, гидравлические машины, гидропривод: учебник. СПб.: СПГУВК, 2009. 546 с.
5. Гришанин К.В., Сорокин Ю.И. Гидрология и водные изыскания. Учебник для вузов/Под ред. К.В. Гришанина. М.: Транспорт, 1982, 212 с.
6. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны/ Монография. Под ред. Н.П.Лаврова. Бишкек: И.Д. «Салам», 2009. -504 с.

УДК 625.855.3

Р.И. Мистяков, И.С. Лучина, И.Е. Фролова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ И ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА СТРОИТЕЛЬНОГО ВОДОСБРОСА

Строительными водосбросами называют временные сооружения, предназначенные для пропуска расходов реки в период строительства гидроузла до ввода в эксплуатацию основных водосбросных сооружений и наполнения водохранилища. Пропуск расходов реки в период строительства гидроузла представляет весьма сложную задачу. Расходы реки должны пропускаться через створ гидроузла в период строительства таким образом, чтобы не нарушать намеченного оптимального плана выполнения работ по возведению сооружений. Вместе с тем порядок пропуска расходов реки в этот период должен быть увязан с потребностями водопользователей и водопотребителей, расположенных ниже по течению реки.

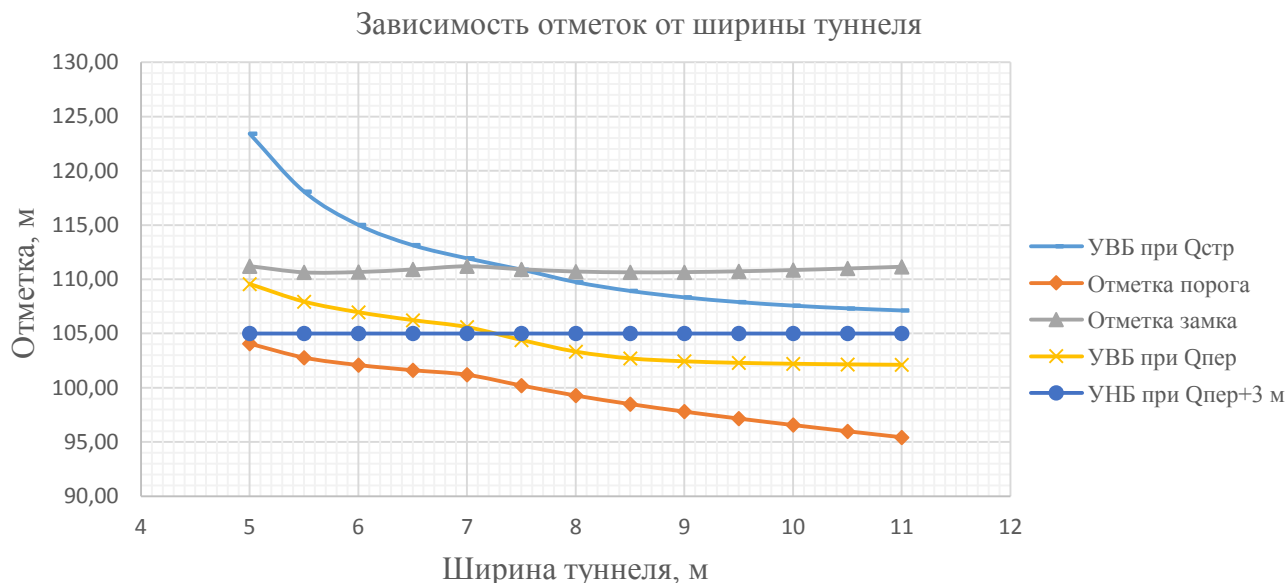
Схема пропуска расходов реки в строительный период может повлиять на выбор типа основных водосбросных сооружений, их компоновку в составе гидроузла, поскольку при разработке компоновки сооружений, выборе способа их возведения необходимо учитывать и сопоставлять не только постоянные сооружения, но и такие временные сооружения, как строительные водосбросы, перемычки, насосные станции для осушения котлована и пр. [1].

При проектировании строительных водосбросов как временных сооружений с коротким сроком службы размеры их отверстий стремятся сделать как можно меньше, чтобы сооружения стоили дешевле. Однако уменьшение размеров отверстий сопряжено с возникновением в них больших скоростей при пропуске расчетного максимального расхода и, следовательно, с увеличением напора и высоты верховой перемычки, стоимость которой увеличивается.

Оптимальным является решение, при котором суммарная стоимость строительных водосбросов и плотины оказывается минимальной. При этом надлежит учитывать сложность

первого этапа возведения перемычки – перекрытия русла реки банкетом (каменной призмой), которое при малых строительных отверстиях и большом перепаде сложнее осуществить [2].

а)



б)

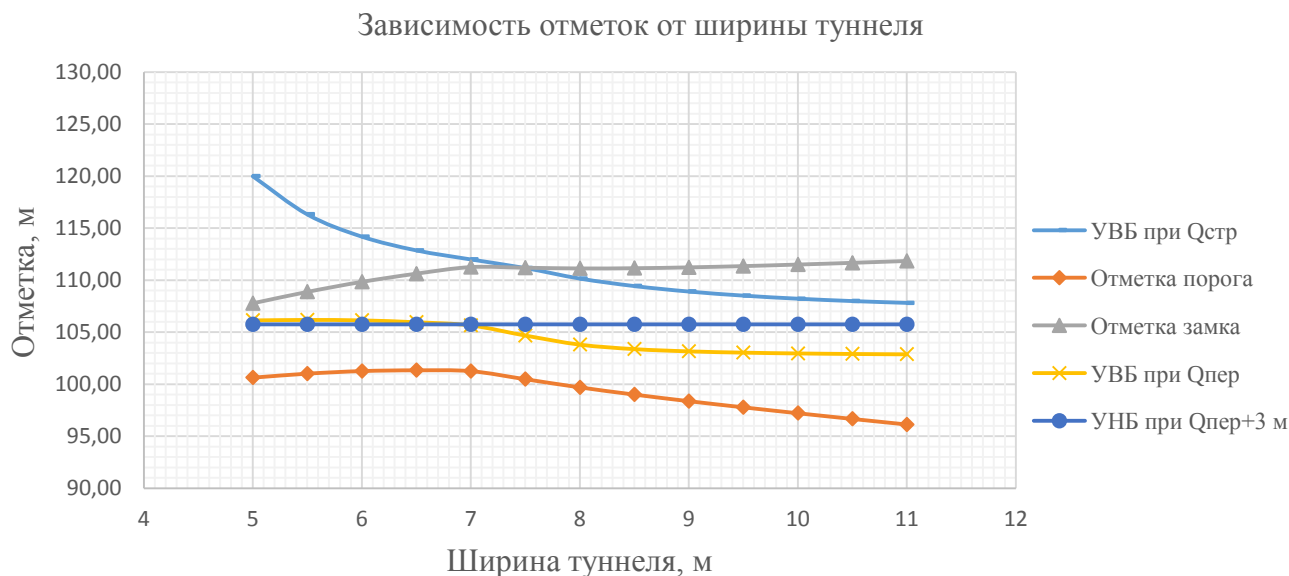


Рис. 1. Отметки второго туннеля в зависимости от его ширины:

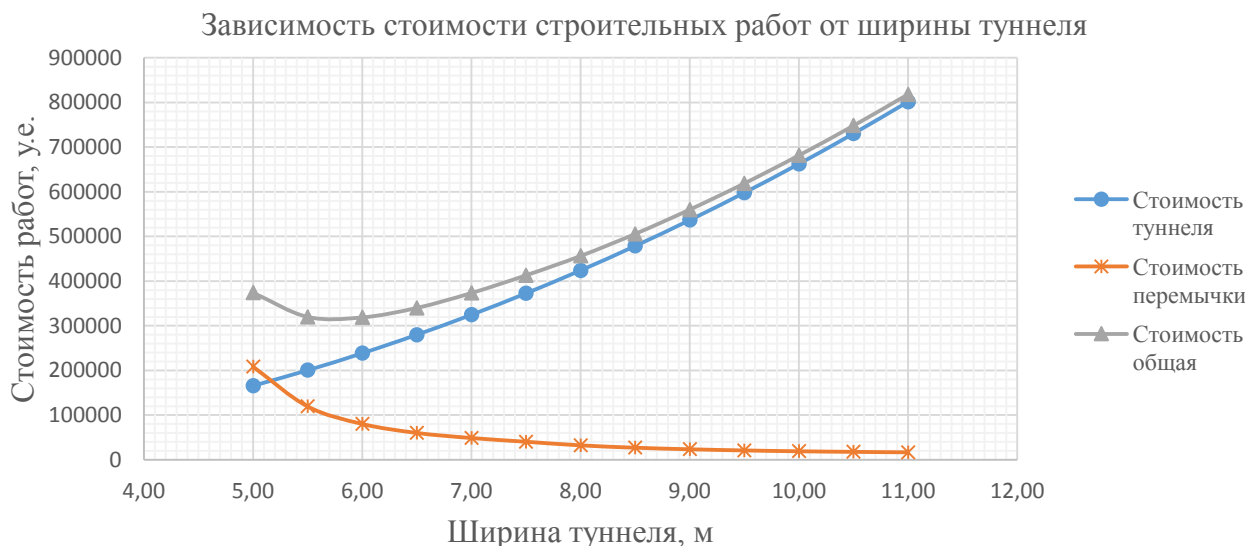
а – для первого створа, б – для второго

Для решения поставленной задачи в условиях Алтайского края были рассмотрены два варианта строительных водосбросов в различных створах реки, в виде корытообразного безнапорного туннеля различной ширины, для каждого из которых был произведен расчет гидравлический и экономический [3].

Принимаем, что безнапорный туннель заполнен на 70%, и задаемся различными значениями ширины туннеля, в результате расчета определяем характер движения в туннеле, отметки уровней верхнего бьефа (УВБ), замка туннеля, входного порога и в случае бурного режима, отметки повышенного порога, для строительного расхода и соответствующего ему уровня в нижнем бьефе (УНБ) [4].

Далее был проведен расчет отметок УВБ при перекрытии русла для различных размеров строительного туннеля. Расход при перекрытии отличается от строительного и, как следствие, отличается и УНБ. По полученным данным были построены графики, показывающую зависимость изменения отметок УВБ от ширины туннеля при пропуске расхода при перекрытии реки (рис. 1).

а)



б)

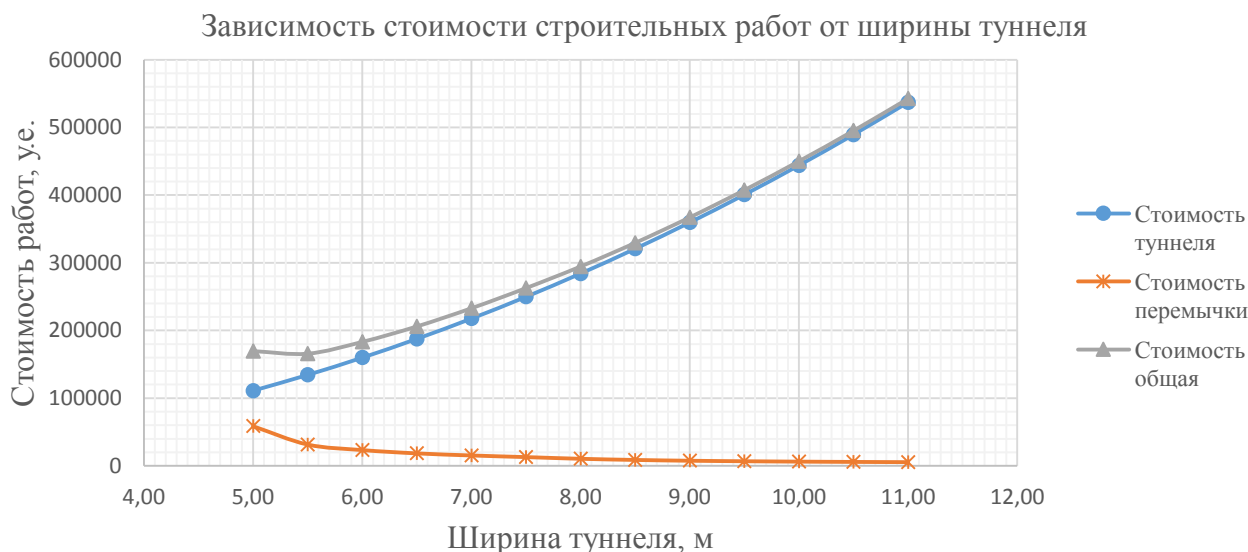


Рис. 2. Зависимость стоимости работ по возведению перемычки для второго створа от ширины туннеля: а — для первого створа, б — для второго

Следующим этапом исследований были определены по заданным размерам туннелей и перемычек объемы работ в обоих случаях, а также определена стоимость работ по созданию туннелей и возведению перемычек. На основании полученных данных были построены графики, показывающую зависимость стоимости работ от ширины туннелей (рис. 2) [5].

Как видно из графиков стоимости производства работ (рис. 2), наиболее выгодная ширина канала как для первого, так и для второго створа 5,5 м.

В данном случае определяющим критерием окончательного назначения ширины туннеля будет являться разница отметок УВБ и УНБ при перекрытии русла. При перепаде уровней не

более трех метров скорости течения в проране будут такими, что диаметр камня, используемого для перекрытия русла, будет иметь оптимальный диаметр. Поэтому окончательно принимаем ширину туннеля 7 м в обоих случаях, несмотря на незначительное увеличение стоимости строительных работ.

По полученным результатам для данной местности выбран второй створ для возведения гидроузла. Строительство туннеля в этом створе за счет меньшей длины обойдется дешевле на 60%.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гришин М.М., Слиссский С.М. Гидротехнические сооружения (в двух частях). Ч 2: Учебник для студентов вузов/Под ред. Гришина М.М. М.: Высшая школа, 1979. 336 с.
2. Бухарцев В.Н. Речные гидротехнические сооружения. Водопропускные сооружения водохранилищных гидроузлов: учеб. Пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 108 с.
3. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. Учеб. пособие для студ. гидротехн. спец. вузов. В 2-х ч. 2-е изд., перераб. и доп. Ч. I. Глухие плотины. М.: Агропромиздат, 1985. 318 с.
4. Бухарцев В.Н., Лавров Н.П. Речные гидротехнические сооружения. Водозаборные и деривационные гидроузлы: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 112 с.
5. Бухарцев В.Н. Речные гидротехнические сооружения. Водоподпорные сооружения водохранилищных гидроузлов: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 134 с.

УДК 627

Ю.К. Омелько, Н.Д. Беляев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ СУХИХ ДОКОВ

Объектом проводимого обследования являются конструкции камер (днища и стены) Восточного и Западного сухих доков, которые находятся в Доковом овраге на границе с Корабельной бухтой на территории Севастопольского морского завода.

Два однокамерных сухих дока, являющихся свайно-гравитационными сооружениями. Годы постройки Восточного дока – 1884-1897 гг., Западного дока – 1883-1886 гг. Основание – деревянные сваи, днище и стены – бетон, бутобетон и бутовая кладка, устои, днище и ребра уступов стен облицованы гранитом. Доки расположены под углом 10° друг к другу, имеют общий устой и систему опорожнения, включающую водосборные колодцы, водоотводные галереи и насосную станцию. Проемы доков перекрыты стальными откатными батопортами, перемещающимися по рельсовым путям в шкафовые ниши крайних устоев. План доков приведен на рис. 1.

Целями проведения работ являются:

- исследование однородности материала конструкций камер доков по створам георадарного зондирования, поиск внутренних дефектов в конструкциях камер доков;
- определение фактических физико-механических характеристик материалов камер доков в объеме, достаточном для выполнения поверочных расчетов их конструкций.

Метод электромагнитного импульсного сверхширокополосного зондирования основан на синтезировании изображения структуры геологического разреза или инженерного сооружения по отраженному сигналу при распространении электромагнитного импульса наносекундной длительности. Предлагаемый способ является разновидностью радиолокационного метода подповерхностного зондирования. Он включает в себя принцип работы импульсного радиолокатора-дальномера как способа сбора измерительной информации и методику идентификации подповерхностных структур как набора динамических систем с переменными в пространстве параметрами. Метод ЭМИ СШП зондирования позволяет обследовать различные инженерно-геологические структуры до

глубины 100 метров и более, при этом устанавливаются не только их линейные размеры, но производится идентификация элементов разреза. Погрешность определения границ инженерно-геологических структур составляет 3-5% от истинной глубины их залегания.

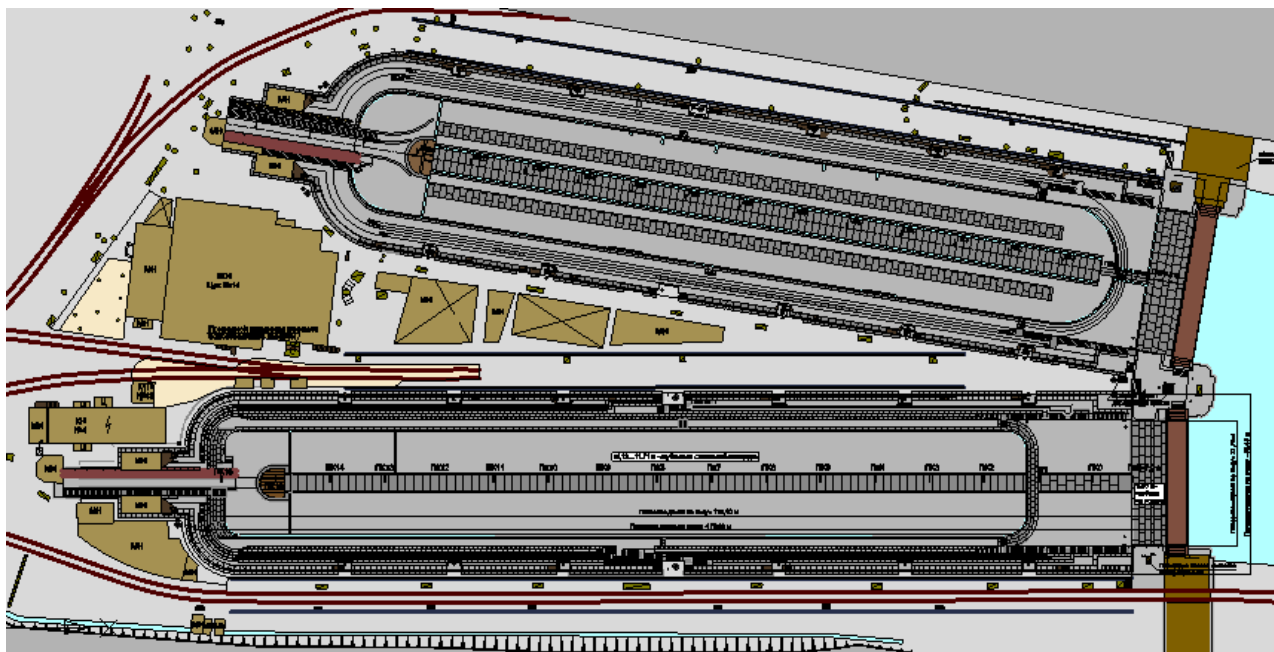


Рис. 1. План Восточного и Западного доков

Для проведения зондирования было выбрано 19 створов по камере Восточного дока и 17 – по камере Западного дока. Общее количество точек зондирования, выполняемых на обоих доках, составляет 159 штук (105 – вертикального зондирования и 54 – горизонтального зондирования).

Отбор проб (кернов) бетона и образцов для испытаний предусматривается выполнять из конструкций стен доков в 9 створах для каждого дока. В одном створе отбор проб (кернов) выполняется из 3 или 5 скважин – 2 вертикальных скважины по днищу (кроме створов №1, 4, 7, 18) и 3 горизонтальных скважины по стене дока в 3 уровнях по высоте. Все керны выполняются диаметром 150 мм, за исключением кернов для отбора образцов на испытание для определения морозостойкости, которые высверливаются диаметром 100 мм.

Для сравнения была рассмотрена скважина, на которой были использованы оба вышеуказанных метода. Это створ №7 зондирования и створ №3 отбора проб. Скважина расположена на отметке -8,500 м. Направление бурения горизонтальное.

Судя по геологическому разрезу, показанному на рис. 3, исследуемый участок (глубина от дневной поверхности 5,2 м) состоит из следующих материалов: 0,9 м – бетон неоднородный пористый; 1,4 м – каменная кладка; 1,1 м – каменная кладка трещиноватая; 1,8 м – каменная кладка.

В результате исследования отобранных образцов были выявлены следующие материалы: 0,4 м – бетон плотный; 1,3 м – бетон с малочисленными кавернами с добавлением крупных обломков известняка. Но так как длина образца составляет всего 1,7 м, то сравнивались только участки этой длины. На рис. 3 представлены исследованные участки: в верхней части рисунка показан итог обследования керна, на нижнем – результат георадарного зондирования.

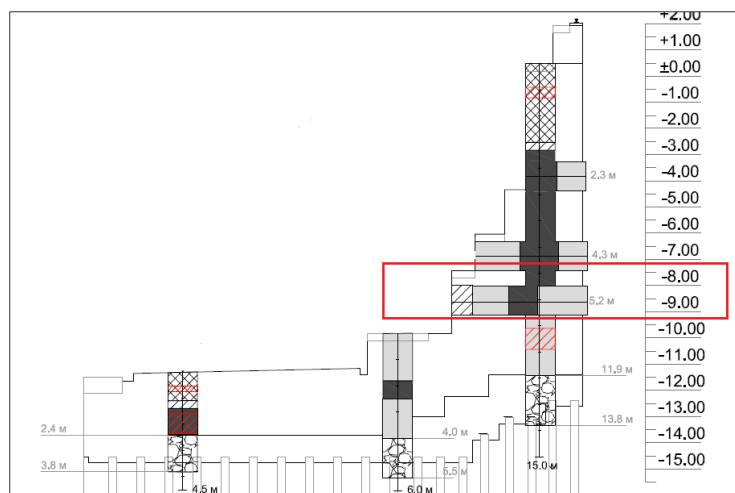


Рис. 2. Геологический разрез по результатам зондирования

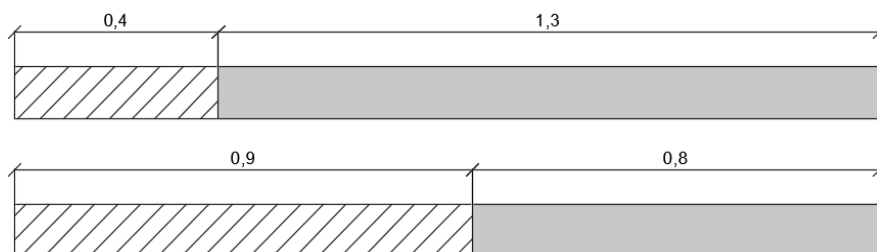


Рис. 3. Результат сравнения

Подобным образом были сравнены участки в створах 6, 7, 11 инструментального метода с соответствующими створами зондирования – 12, 14, 23. Получились следующие результаты:

Таблица 1

Длина образца, м	Результат исследования отобранных проб	Результат георадарной съемки
1,55	0,2 – бетон с кавернами; 1,35 – бетон неоднородный, трещиноватый с кавернами с добавлением крупных обломков известняка	0,9 – каменная кладка; 0,65 – каменная кладка трещиноватая
1,68	1,05 – бетон плотный с добавлением крупного обломка гранита; 0,63 – бетон неоднородный с добавлением крупного обломка гранита	1,68 – каменная кладка
1,72	1,72 – бетон плотный с малочисленными кавернами	0,7 – бетон плотный однородный; 0,5 – нарушенные инженерно-геологические разности средней степени; 0,52 – каменная кладка трещиноватая

Такие материалы, как каменная кладка и бетон с добавлением обломков горных пород, подразумевают собой бутобетон, который использовался при строительстве доков.

Большие расхождения в результатах проведенных работ могут быть обусловлены тем, что фактически в любом пункте зондирования существует сложное чередование структур, при этом границы их раздела произвольно ориентированы в пространстве, а сами инженерно-геологические элементы могут иметь различные включения, в том числе полости и пустоты.

В результате принимаемый в конкретном пункте геофизического наблюдения сигнал является суперпозицией многих отражений и затуханий, и процесс идентификации структур и измерение расстояний до них становится крайне сложным. Из чего можно сделать вывод, что оценивать использованные при строительстве материалы, основываясь только на данных георадарной съемки, нецелесообразно.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
2. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
3. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
4. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Контроль качества строительства и эксплуатации водохозяйственных и гидротехнических сооружений. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2014. 143 с.
5. Шабуров С.М., Барилко М.С. Применение метода сверх-широкополосного радиолокационного зондирования при обследовании объектов культурного наследия//Реликвия. 2011. 2009-2010. 56-63 с.

УДК 627.24

А.Е. Харсеев, Д.Д. Ворошилов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВОЗВЕДЕНИЕ ПРИЧАЛЬНОЙ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ИЗ ШПУНТОВЫХ СВАЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОРСКОЙ САМОПОДЪЕМНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Цель работы – расширение возможностей возведения подпорной стенки причалов на акваториях с неблагоприятными естественными условиями.

Для достижения поставленной цели предлагается использование морской самоподъемной платформы с установленной на борту машиной в виде грузоподъемного крана, копра или экскаватора вместо плавсредств, используемых для возведения причальной стенки большинством гидротехнических предприятий на сегодняшний день. Преимущества использования морской самоподъемной платформы рассматриваются на примере устройства причального сооружения типа «больверк», поскольку процесс его строительства включает в себя работу большого количества плавсредств различного назначения, таких как плавучий кран, плавучий копер, баржи или плашкоуты со шпунтовыми пакетами и плоты, которые подвержены влиянию естественных условий на акватории, где ведется строительство. При этом, среди существующих типов конструкций причальных сооружений данный вид следует применять в условиях придонных течений, размывающих дно, и при неблагоприятных ледовых условиях и истирающих воздействиях ледовых полей [1], что означает наличие тяжелых природных условий на акватории как в эксплуатационный, так и в строительный период.

На сегодняшний день наибольшее распространение на территории Российской Федерации получила конструкция причала из металлического шпунта «Ларсен» [2]. Для производства работ по строительству причальных сооружений типа «больверк» рекомендуется следующая последовательность: погружение шпунтовых свай для устройства стенки больверка, отсыпка призмы грунта в районе устройства анкерной стенки (свай), погружение задней шпунтовой стенки либо забивание анкерных свай, служащих для закрепления анкерных тяг, установка анкерных тяг, послойная отсыпка грунта для образования территории, погружение свай подкрановых путей (при устройстве грузового причала), устройство верхней надстройки шпунтовой стенки и подкрановых балок [3]. Работы по погружению шпунта в грунт ведутся после производства обследования, расчистки, дноуглубления и установки направляющих для шпунтовых пакетов. Для устройства стенки больверка используется плавсредство в виде

плавучего крана или плавучего копра, которое закрепляется на необходимой позиции с помощью якорей и швартовных тросов, прикрепленных к береговым якорям. У борта плавсредства располагают баржу или плашкоут, на которых располагаются заранее скрепленные шпунтовые пакеты. С противоположной стороны от направляющих располагается плот, который используется для срезки верхней границы шпунтин на проектных отметках и для прорезания отверстий в стенке при установке тяг. Для отсыпки грунтовой призмы в районе устройства анкерных стенок используется бульдозер, сами анкерные стенки, распределительный пояс, деревянные сваи и анкерные тяги укладываются плавкраном. Отсыпка грунта до проектных отметок территории осуществляется бульдозером [4].

Все плавсредства, использующиеся при строительстве причальных сооружений типа «больверк», имеют строгие ограничения по естественным условиям в районе строительства. Неблагоприятное влияние оказывают волны, ветер, течение и лед. Несмотря на то, что данные природные явления имеют индивидуальное воздействие на работоспособность плавсредства, зависящее от его конструктивных особенностей (характеристики должны быть закреплены в техническом паспорте, расчеты ведутся на основании пункта «Остойчивость» комплектов правил Российского морского регистра судоходства [5]), работы по возведению гидротехнических сооружений с применением плавучих средств, в частности, свайные работы, выполняемые с помощью плавучих кранов и плавучих копров, допускается производить при высоте волны не более 0,75 м (2 балла) [6] и при скорости ветра не более 7,4 м/с (4 балла) [7]. При больших волновых параметрах на акватории появляется необходимость в устройстве оградительных сооружений (молов, волнорезов) перед началом возведения причальных сооружений. Если угол статического крена от действия ветрового кренящего момента превышает половину угла, при котором палуба входит в воду, то использование плавсредства не допускается [5]. Используемые плавсредства представляют из себя понтон с установленной на нем машиной (кран, копер) и в большинстве случаев не имеют ледового класса, следовательно, могут применяться только в промежутки времени между ледовыми навигациями на акватории большинства морей Российской Федерации (за исключением Черного и Каспийского морей). Скорость течения определяет количество якорей и швартовных тросов, необходимых для обеспечения закрепления плавсредства относительно дна и причального сооружения, что влияет на сложность устройства заякорения и на время перехода с одной точки на другую. Все перечисленное увеличивает сроки строительства причальных сооружений, требует использования дополнительного оборудования, либо требует возведения специальных дополнительных сооружений, что, в конечном итоге, сказывается на стоимости проводимых работ.

Морская самоподъемная платформа представляет из себя судно с опорами, объединенными спускоподъемным механизмом в единую систему, способную переводить платформу из плавучего состояния в стационарное гравитационное с врезкой опор в грунты дна для обеспечения устойчивости оборудования, расположенного на ней. В плавучем состоянии установка подчиняется закону Архимеда и ее водоизмещение полностью равно выталкивающей силе погруженной в воду части корпуса. При задавливании опор в грунт корпус постепенно поднимается над уровнем воды, что приводит к превышению силы тяжести над выталкивающей силой, и, вследствие, к большему погружению опор и увеличению сопротивления внешним горизонтальным воздействиям (течение, ветер). При необходимости перестановки платформы на другую позицию корпус опускается на воду, иногда на глубины, превосходящие ватерлинию судна, чтобы за счет увеличенной выталкивающей силы извлечь из грунта опоры [8]. На палубу судна возможно устанавливать гусеничную технику любого вида, размещать буровое оборудование, оборудование для укладки кабелей и трубопроводов. Есть возможность использовать платформу в качестве балластируемого понтона для перевозки грузов. Платформа может быть оснащена винтовым двигателем и папильонажными

лебедками для самостоятельного перемещения по акватории без участия вспомогательного флота, причем вследствие конструктивных особенностей передвижение и эксплуатация имеют место как на внутренних путях, так и на морских объектах. Может быть предусмотрено модульное устройство, позволяющее за короткие сроки произвести разборку платформы с целью передислокации наземным транспортом, что обеспечивает высокую мобильность. Самым главным преимуществом самоподъемной платформы перед используемыми при возведении причального сооружения плавсредствами является возможность применения в тяжелых естественных условиях, а именно: при большей скорости течения, высоте волны до 1,5 м (4 балла), скорости ветра до 12,4 м/с (6 баллов), наличии мелкобитого льда на акватории [7].

При строительстве причальных сооружений типа «больверк» морскую самоподъемную платформу благодаря многофункциональности можно использовать: при установке на борт копрового оборудования – для забивки шпунтовых, анкерных и деревянных свай, при установке гусеничного грузоподъемного крана (помимо погружения свай) – для прокладки анкерной тяги, установки распределительного пояса, отсыпки грунта в районе устройства анкерных свай и отсыпки грунта до проектных отметок территории (при наличии насадки в виде грейферного ковша), при установке экскаватора – для проведения дноуглубительных работ. На палубе платформы могут располагаться рабочие для проведения срезки верхней части установленного шпунта и прорезания отверстий под анкерную тягу и площадки для хранения материалов (шпунтовых пакетов, распределительных балок, свай, анкерных тяг) и оборудования. При наличии винтового двигателя пропадает необходимость в использовании буксира. Все вышеперечисленное приводит к оптимизации проведения работ и уменьшению эксплуатационных затрат вследствие замены всех плавсредств самоподъемной платформой с установкой необходимой для данного этапа работ машиной и отсутствия необходимости в применении барж (или плашкоутов), плотов и устройстве заякорения. Возможность применения платформы в открытых акваториях при 4-х балльном волнении, 6-ти балльном ветре, наличии сильных подводных течений и мелкобитого льда позволяет производить строительство причальных сооружений в те периоды времени, когда использование других плавсредств ограничивается условиями нормальной работы и безопасности.

Впервые в отечественной практике портового строительства самоподъемную платформу стали использовать при возведении нефтепирса в порту Шесхарис в 1978 г. [4]. В 2006 году ЗАО «ГТ Морстрой» приобрело платформу «Ваенга», сделанную в Нидерландах, грузоподъемностью 250 т и максимальной глубиной акватории 26 м [9]. В 2010 году компания ООО «Арктикморгео» построила модульную платформу СМП-03 грузоподъемностью 250 т и максимальной глубиной акватории 15 м, оборудованную двухвинтовой винторулевой колонкой [8]. В 2016 году компанией ООО «ГТНС» была разработана, построена и введена в эксплуатацию многофункциональная самоподъемная платформа МФП-001 класса М-ПР 2,5 (Лед 10), грузоподъемностью 450 т, возможностью работы в условиях полуметровой волны, мелкобитого льда толщиной 10 см, на глубинах от 1,5 до 15 м и установкой гусеничной техники массой до 150 т [10].

В данной работе были приведены данные допустимых значений естественных метеорологических условий акватории для использования плавсредств при проведении строительства причальных сооружений типа «больверк». Была предложена замена используемых плавсредств на морскую самоподъемную платформу вследствие ее применимости в более тяжелых климатических условиях, оптимизации работ за счет ее многофункциональности и широком выборе временных рамок строительства сооружения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. РД 31.31.55-93. Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений. Москва, 1996.
2. Беляев Н.Д. Причины аварий причальных сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Межвузовский сборник научных трудов. МГТУ им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2003. С. 34-39.

3. РД 31.31.33-85. Рекомендации по проектированию глубоководных портовых гидротехнических сооружений с использованием сварных шпунтов. Москва, 1985.
4. Яковенко В.Г. Строительство причалов. М.: Изд-во: Транспорт, 1981 г. 256 с.
5. Правила классификации и постройки морских судов 2017, Часть IV. Остойчивость. СПб, 2017.
6. СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство. Москва, 2003.
7. СНиП 3.07.02-87. Гидротехнические морские и речные транспортные сооружения. Москва, 1988.
8. Официальный сайт компании ООО «Арктикморгео» [Электронный ресурс] : Самоподъемные плавучие установки. Электронные данные. URL: https://arcticmorgeo.ru/ru/oborudovanie/samopodemnaya_modulnaya_plochshadka_smp_03/samopodemnyie_plavuchie_ustanovki/
9. Официальный сайт компании ЗАО «ГТ Морстрой» [Электронный ресурс] : ЗАО «ГТ Морстрой» приобрело самоподъемную платформу. Электронные данные. URL: <http://gtmorstroy.com/ru/news/2006/postid/76>
10. Чегодаев Р.Н. Отечественный универсальный специализированный флот как приоритет развития судостроительной отрасли. Гидротехника. Выпуск №49. СПб. Изд-во Тандем, 2017.

УДК 626/25

Э.А. Абдылдаев, Н.П. Лавров
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОЗАБОРА И КОНСТРУКЦИИ ВОДОЗАБОРНОГО СООРУЖЕНИЯ ДЕРИВАЦИОННОЙ ГЭС ИССЫК-АТА-2 В КЫРГЫЗСТАНЕ

Река Иссык-Ата является левым притоком реки Чу и расположена в Иссык-Атинском районе Чуйской области Кыргызстана в 78 км на юго-восток от г. Бишкек. Её длина составляет 81 км, площадь водосбора 556 км², основное питание реки Иссык-Ата осуществляется за счет вечных снегов и ледников

Площадка проекта – пойма реки, расположенная между высотными отметками 1972 м и 1639 м, вдоль асфальтированной автомобильной дороги Бишкек – курорт Иссык-Ата. Расходы воды в реке при различной обеспеченности составляют: $Q_{1\%} = 40,8 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_{10\%} = 28,8 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_{75\%} = 4,05 \text{ м}^3/\text{с}$. Уклон реки на предполагаемом участке водозабора составляет до 0,06 и более. В паводок в этой высокогорной части поток транспортирует донные наносы размером до 0,7 м и более.

Мощность проектируемой ГЭС составит при напоре 60,2 м и расходе 2,25 м³/с для двух гидроагрегатов с турбинами радиально-осевого типа 1,2 МВт [1, 2]. Выработка электроэнергии предназначена для энергоснабжения курорта Иссык-Ата и ближайшего села Карагай-Булак. Это позволит частично удовлетворить увеличивающийся спрос на электроэнергию, обеспечить эффективную выработку базовой и полубазовой части графика энергопотребления для устойчивой работы электрической сети в районе.

При разработке конструкций водозаборных гидроузлов требуется выполнение следующих основных технологических требований [1, 4, 5]:

1) забор требуемого количества воды в отводящий деривационный канал по заданной программе малой ГЭС с поддержанием дискретного предельного уровня воды в верхнем бьефе сооружения и постоянного расхода (с точностью 5%), в том числе при зимних меженных расходах воды в горной реке;

2) эффективная противонаносная защита, предотвращающая поступление речных наносов (песка, гравия, гальки), а также плавника и ледошуговых образований в отвод при всех гидрологических режимах, в том числе при водоотборе, близком к 90% речного расхода воды;

3) беспрепятственный пропуск в нижний бьеф паводковых расходов и излишков воды, а также наносов, льда, шуги и плавника с сохранением устойчивой и эффективной работы устройств и элементов сооружения;

4) гашение энергии водного потока в нижнем бьефе в пределах сооружения, при сохранении достаточной для транспорта наносов энергии потока, без сбойных течений воды в отводящем русле реки;

5) устойчивость флютбета и нижнего бьефа сооружения к местным размывам, а также недопущение завала наносами концевой части водозаборного сооружения;

6) учет и контроль подаваемых потребителю и сбрасываемых расходов, и объемов воды;

7) надежность, простота, удобство в эксплуатации при всех режимах работы гидроузла.

Исследования в данном случае проводились с учетом сложных гидроморфометрических характеристик горного участка реки Иссык-Ата. К ним относятся значительные колебания расходов воды в течение суток с колебаниями уровней более чем на 30 см/мин, объемы паводков, достигающих 50% годового стока. величины паводковых расходов более чем в 10 раз превышающие значения среднелетних расходов.

Технологический процесс водозабора можно систематизировать в виде структурной модели для низконапорных плотинных водозаборных сооружений. В ходе анализа структурной модели технологического процесса водозабора были обоснованы дополнительные операции – сброса необходимых объемов воды и рыбопропуска. Для этих операций подобраны необходимые действия и приемы их выполнения.

По результатам анализа недостатков известных приемов организации технологического процесса водозабора из малых горных рек существующими конструкциями низконапорных плотинных водозаборных сооружений, определены их основные причины и последствия. С целью устранения этих причин для совершенствования были выделены следующие технологические приемы [4, 5]:

- создание поперечной циркуляции воды на участке подводящего русла с помощью криволинейного зарегулированного участка;
- увеличение интенсивности поперечной циркуляции воды перед водоприемником при создании локального циркуляционного винта;
- осуществление водоотбора в теплый период года из поверхностных горизонтов потока и донный отвод наносов;
- отбор воды в зимний период из придонных горизонтов потока с поверхностным отводом и сбросом шуголедовых образований в нижний бьеф;
- создание глубин водного потока, необходимых для образования устойчивых гидравлических структур перед элементами сооружения;
- обеспечение плавного подхода объемов воды к устройствам водозаборного сооружения и отвода потока;
- параметры и местоположение устройств подпорного створа определяются с учетом условий создания активных зон движения твердых включений в подводящем зарегулированном русле;
- поддержание расчетных напоров в верхнем бьефе сооружения и стабилизация расходов воды, подаваемой в отводящие каналы, осуществляется с использованием средств гидроавтоматики;
- при паводке обеспечивается одновременный сброс излишков воды и плавника по всему фронту водозаборного сооружения, а влекомых наносов – через отверстия речного пролета.

Конструкции водозаборных сооружений с активным способом водозабора, в зависимости от используемых устройств можно подразделить на пять групп [4, 5]:

1) низконапорные плотинные водозаборные сооружения с фронтальным водозабором при параллельной направленности струй воды перед водоприемником;

2) водозаборное сооружение с боковым водоприемником, расположенным на вогнутом берегу криволинейного зарегулированного подводящего русла, для использования циркуляции потока;

3) низконапорные плотинные водозаборные сооружения с водоприемником, расположенным в береговом устье вогнутого берега криволинейного подводящего русла и устройством косонаправленного циркуляционного порога или фронтального порога с выраженным козырьком, отделяющих водоприемный оголовок канала от подводящего русла;

4) низконапорные плотинные водозаборные сооружения с двухсторонним береговым водоотбором, с применением вогнутых в плане наносозащитных порогов, устроенных на прямолинейном подводящем русле;

5) низконапорные плотинные водозаборные сооружения с водоприемником, расположенным в береговом устье в конце вогнутого берега криволинейного подводящего русла, с устройством выпуклого в плане наносозащитного порога, отделяющего водоприемный оголовок от подводящего русла реки.

К сооружениям с пассивным способом водозабора могут быть отнесены бесплотинные водозаборные сооружения инженерного типа, с устройством перед водоприемными оголовками наносозащитных элементов для возбуждения и поддержания циркуляции потока в целях наносозащиты [1, 4].

При выборе конструкции головного водозаборного сооружения был проведен анализ конструкций существующих водозаборных сооружений на горных реках.

Прежде всего необходимо отметить, что все перечисленные группы водозаборных сооружений применялись при уклонах дна русла реки не более 0,035. Поэтому было принято решение о проектировании в составе головного гидроузла Иссык-Ата-2 водозаборного сооружения из горных рек (ВСГР) конструкции КРСУ. На данное сооружение получен патент на изобретение Кыргызской Республики №920, 2006 г. [5] и оно, по данным авторов, предназначено для условий горной местности с большими уклонами [4-6]. Эта конструкция сооружения была разработана для условий максимального изменения глубин в верхнем бьефе при прохождении меженных и среднелетних расходов воды. Четырехсекционный порог применен из условия максимального забора воды в деривацию при минимальном напоре и из условия проведения защиты водоприемника от попадания твердых фракций наносов. В том числе, при прохождении по реке Иссык-Ата минимальных расходов воды, равных и меньше расхода 50% обеспеченности – 4,46 м³/с.

У других конструкций водозаборных сооружений, если расходы и скорости воды в верхнем бьефе будут меньше расчетного значения, это вызывает снижение наносозащитных характеристик. В пределах ВСГР с четырехсекционным наносозащитным порогом, по данным поисковых экспериментов [4, 5], при этих же условиях не происходит сбой в формировании активного донного вихревого вальца вдоль порога.

Описание работы ВСГР в меженном, среднемноголетнем и паводковом режиме горной реки дано в монографиях [4, 5].

При проектировании речных плотинных водозаборных сооружений прежде всего определяется расчетная глубина воды H_p в верхнем бьефе, которая складывается из высоты наносозащитного порога P_{cp} и напора над его гребнем H_{np} . Расчетная глубина в верхнем бьефе здесь назначена равной $H_p = 1,85$ м из условия применения типового средства гидравлической автоматизации процесса водозабора: Г-образного затвора-автомата [1].

Следует отметить, что для обоснования компоновки и размеров конструктивных элементов выбранного типа водозаборного сооружения недостаточно выполнения гидравлических и прочностных расчетов. Необходимо проведение физического моделирования процессов водозабора на лабораторной модели ВСГР в соответствующем масштабе.

Проведенный сравнительный анализ соответствия различных типов водозаборных сооружений с активным способом водозабора технологическим требованиям, предъявляемым к таким сооружениям, позволяет обосновать целесообразность применения в условиях верхней зоны реки Иссык-Ата водозаборного сооружения для горных рек конструкции КРСУ для обеспечения электроэнергией Иссык-Атинского района Чуйской области КР.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из горных рек. Монография. Изд. 2-е. Бишкек: КРСУ, 2014. 196 с.
2. Лавров Н.П., Логинов Г.И. Проектирование гидросооружений деривационной ГЭС и подбор основного силового оборудования // Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Бишкек: КРСУ, 2008. 110 с.
3. Техничко-экономическое обоснование по объект: «Деривационная ГЭС на реке Иссык-Ата» пояснительная записка. Кыргызская Республика. ОсОО «Геоконсалт ЛТД». Бишкек 2016. 73 С.
4. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны. Монография. Под ред. Н.П.Лаврова. Бишкек: Изд. дом «Салам», 2009. 504 с.
5. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из малых горных рек. Изд. 1-е. Бишкек: Изд. «Кут-Бер», 2014. 320 с.
6. Патент КР № 920. Водозаборное сооружение для горных рек/ Лавров Н.П., Рудаков И.К., Логинов Г.И. МКП Е 02 В 13/00, бюлл. № 12, 2006. 6 с.

УДК 69.051

Г.А. Габитова, Д.Д. Заборова, М.Р. Петриченко
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОЙ ОТКАЧКИ

Цель работы: изучение закономерностей стационарной фильтрации в однородной прямоугольной перемычке, а так же доказать, что стационарный режим фильтрации Дюпюи получается как предельный нестационарный режим фильтрации.

Для достижения поставленной цели предложен способ измерения коэффициента фильтрации сооружений, отличный от способа с применением прибора Дарси [1].

Экспериментальная установка позволяет проводить исследования в лабораторных условиях на водопроницаемость и суффозионную устойчивость образцы грунтов. В результате исследований можно определить не только критические состояния фильтрационного потока, но и изучить более общие закономерности взаимодействия грунта с фильтрационным потоком, что редко удается сделать при проведении экспериментов в натуральных условиях [2].

Лабораторная экспериментальная установка представлена на рис. 1. Установка состоит из горизонтального короба прямоугольного сечения площадью с глухим закрытым дном. Короб делится на верхний и нижний бьеф грунтовой перемычкой, изготовленной из мелкозернистого песка известной марки (в описанном опыте используется песок М15) [3].

Для поддержания постоянного уровня воды в приборе в верхней части колонки предусмотрен подвод воды.

Через песок пропускается вода при постоянной разности напоров. Разность напоров в разных опытах различна. Профильтрованная вода по трубке попадает в мерный сосуд.

Грунтовая перемычка (барьер) сделана из песка марки М15, длиной 45 см и шириной 28 см. Вес перемычки 100 кг.

Преимущество такой разработанной установки в том, что она изготовлена из прозрачного материала (оргстекло), что позволило визуализировать процесс фильтрации

подкрашиванием воды в верхнем бьефе и фиксировать, с точностью до «капиллярной бахромы», конфигурацию кривой депрессии.

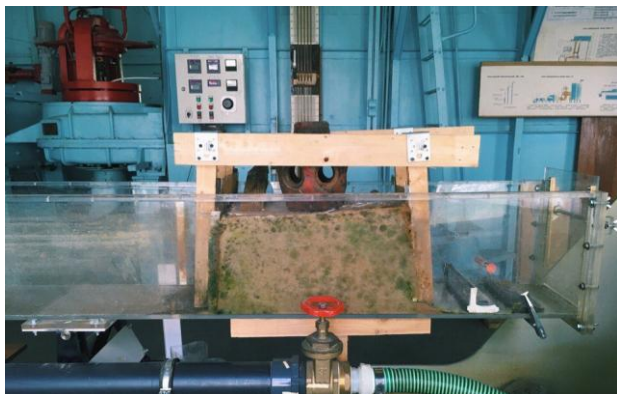


Рис. 1



Рис.2

Опытным путем получены линии депрессионных кривых, которые изображены, синим цветом (рис. 2). Такое распространение свидетельствует о том, что коэффициент фильтрации для песка одной и той же марки коэффициент фильтрации разный, следовательно, введение понятия коэффициент фильтрации сооружения отличным от коэффициента фильтрации материала обосновано. Необходимо учитывать степень уплотнения грунта, консолидации и так далее.

Непосредственно коэффициент фильтрации сооружений использовать для расчетов, применимых в технологии строительства при возведении сооружений на начальном этапе, а так же подборе оборудования для откачки воды из котлованов, подвалов [4].

В первую очередь был рассмотрен стационарный режим, для различных уровней напоров ($H = 22; 19; 17; 14; 11$ см)

По объему V в мерном сосуде, времени t , и ширине перемычки b для каждого опыта определяется фильтрационный расход q , см³/с:

$$q = \frac{V}{bt} . \quad (1)$$

По формуле Дарси рассчитывается значение коэффициента фильтрации сооружения:

$$k = \frac{2qL}{H^2} , \quad (2)$$

где L – длина перемычки, в нашем случае во всех опытах она постоянна и равна 45 см.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчетов

Величина напора H , см	Значение коэффициента фильтрации k , см/с	Величина расхода q , см ³ /с
11	0,07860	0,10233
14	0,07924	0,19216
17	0,07935	0,28333
19	0,08860	0,35541
22	0,09898	0,53233

На рис. 3 представлен график зависимости коэффициента фильтрации сооружения от величины напора. В результате следует вывод, что коэффициент фильтрации зависит от величины напора H , при увеличении H коэффициент фильтрации k увеличивается незначительно, в пределах инструментальной погрешности.

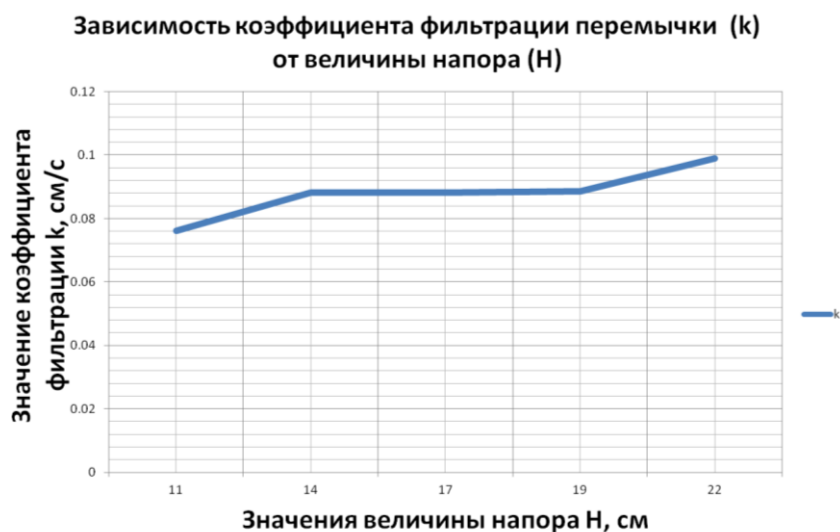


Рис. 3

При рассмотрении нестационарного режима фильтрации (при $H = 22$ см, заполнялись верхний и нижний бьеф водой) опытным путем было получено, что величина фильтрационного расхода через перемычку переменна во времени и в пределе при больших временах совпадает с расходом стационарного режима, график зависимости расхода фильтрационного расхода от времени продемонстрирована на рис. 4.

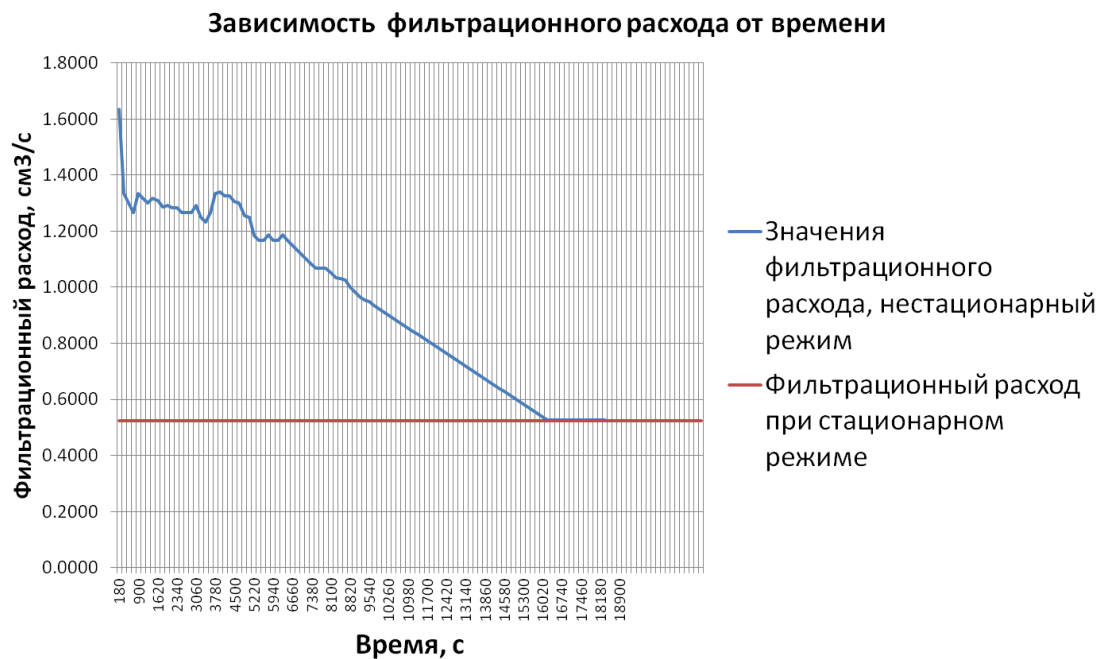


Рис. 4

Таким образом, было введено новое понятие «коэффициент фильтрации сооружения», который зависит не только от природных характеристик грунта, а также определяется технологическими аспектами, такими, как способ укладки и консолидации грунта и пр., а также размерами и геометрией сооружения, выявлены зависимости коэффициента фильтрации сооружения от величины напора. При нестационарном режиме расход в пределе при больших временах совпадает с расходом по Дюпюи. Полученные данные можно использовать как рекомендации при выборе рациональных в экономическом отношении схем водопонижения и оборудования, такого как глубинные насосы, перемычки, иглофильтровые установки и так далее [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. Москва. 1952 г.
2. Коллинз Р. Течения жидкостей через пористые материалы. М.: Мир, 1964. 350 с.
3. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): учебник. М.: ИНФРА-М, 2015. 704 с.
4. Бухарцев В.Н., Петриченко М.Р., Головкова Н.В. Средняя квадратичная аппроксимация кривой депрессии (для случая плоской совершенной траншеи с вертикальными стенками) // Инженерно-строительный журнал. 2009. №1(3).
5. Бухарцев В.Н., Петриченко М.Р. Решение задачи о фильтрации в однородном прямоугольном грунтовом массиве на основе вариационных принципов // Гидротехническое строительство. 2012. № 3. С. 32-37.

УДК 627

М.А. Данилова, В.А. Макеева, Н.М. Любимый, К.Д. Седов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛАВУЧИХ БАТОПОРТОВ СУДОПРОПУСКНОГО СООРУЖЕНИЯ С1 КОМПЛЕКСА ЗАЩИТЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ОТ НАВОДНЕНИЙ

В течение строительства комплекса защиты Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС) возникли проблемы с обеспечением устойчивости батоportов в судопропускном сооружении С1. Судопропускное сооружение С1 – это часть КЗС, которая предназначена для пропуска больших судов. Сооружение состоит из судоходного канала и двух плавающих батоportов, предназначенных для перекрытия этого канала. Выдвижение батоportов в судоходный канал происходит с использованием специальных локомотивов, движущихся по железнодорожной колее. Затем батоportы наполняются водой и опускаются на порог, перекрывают поток жидкости и предотвращают наводнение.

Целью данной работы является исследование проблем гидродинамической устойчивости плавучих батоportов судопропускного сооружения С-1.

Основным предметом исследования является батопорт. Это гидротехнический затвор, находящийся на плаву, и служащий для запираания входа в устье реки. Отсеки этого затвора заполняются водой по мере перекрытия судоходного канала.

Сама КЗС представляет собой совокупность дамб и иных гидротехнических сооружений, в том числе водопропускных и судопропускных, предназначенная для защиты города Санкт-Петербурга от наводнений. Дамба несет как защитные функции, так и транспортные. Вся дамба является частью КАД.

Судопропускное сооружение представляет собой канал длиной 273 м, шириной 200 метров и глубиной на пороге 16 метров. Для того, чтобы перекрыть судоходный канал существуют два плавающих сегментных затвора (батоportа), длина которых составляет 125 м, а высота 21,5 м. Две горизонтальные стальные рамы, закрепленные в центре на шарнире с внутренним диаметром

1,5 м, контролируют положение затворов. Их длина составляет 120 м. А с помощью специализированных локомотивов, происходит перемещение батопортов в канал и из него [1].

Находясь в открытом состоянии батопорты располагаются в сухих доковых камерах. При опасном повышении уровня воды в р. Нева, доковые камеры заполняются водой, батопорты всплывают и перемещаются к середине канала. В центре судоходного канала, затворы заполняются водой и под тяжестью своего веса начинают постепенно опускаться на дно порога. В итоге, нагонная волна, направляющаяся к Санкт-Петербургу, не имеет пути для дальнейшего движения. Перекрытие судоходного канала осуществляется за 45 минут, а для того, чтобы произошло затопление батопортов и полное перекрытие канала необходимо 25 минут.

Изначально вода в судоходном канале течет ламинарным потоком, но процессе погружения батопортов течение переходит в турбулентный режим. Из-за этого образуются завихрения в жидкости, собственно они и раскачивают батопорты.

Для безопасной работы затвора такого типа необходимо обеспечить систему условиями, при которых осуществлялась бы приемлемая качка батопортов от перепада уровней при выходе их из доковых камер; свести на минимум автоколебания батопортов при посадке на порог; создать систему мягкой посадки батопортов, чтобы предотвратить повреждение конструкции [2].

Значения фактического волнения при выводе батопортов и при их заведении в доковые камеры по натурным наблюдениям оказалась отличной от проектных требований, причем в некоторых случаях в худшую сторону [3]. Значение максимума проектного периода волнения при выведении батопортов равен ~ 4,9 с, а фактические наблюдения показали, что он около 7 с [4].

За счет увеличения периода волнения происходит возрастание амплитуды качки батопортов. Этот факт пагубно влияет на их функционирование и эксплуатацию [5].

Проектирование элементов конструкции плавучего затвора выполнялось с использованием программ математического моделирования, с помощью которых отрабатывался алгоритм посадки батопорта на порог. Такой подход предоставил возможность моделировать поведение различных вариантов плавучих сооружений на всех этапах их эксплуатации при любых внешних воздействиях [6]. При этом обнаружился ряд проблем, которые необходимо устранить.

Вывод: частично проблема была решена, так как была придумана и воплощена в жизнь идея создания дополнительных конструктивных элементов для каждой секции батопорта для того, чтобы возникающие завихрения разделялись на более мелкие и в итоге не причиняли существенного ущерба. Также был создан резиновый амортизатор с оптимальной жесткостью, на который батопорт мягко опускается, и система гидравлических демпферов, тормозящих движение батопортов при контакте с дном. Несмотря на это, можно развивать идеи улучшения решения этой проблемы. А также продолжать искать решения, как улучшить характеристики батопортов при волнении с периодами, превосходящими расчетные значения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Единые исходные данные для продолжения проектирования комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений. Утверждены Росстроем РФ в 2005 г.
2. Большев А.С., Климович В.И., Чернецов В.А. Исследование и доработка плавучего затвора судопропускного сооружения С-1 комплекса защиты Санкт-Петербурга от наводнений. Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, 2012, т. 266, с.109-131.
3. 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, с. 103-137.
4. Научно-исследовательские работы по конструкциям и системам Комплекса Защитных Сооружений Санкт-Петербурга от наводнений, включая научно-техническое сопровождение проекта. Этап 2. Анализ работы затвора С-1 с учетом возможности появления самовозбуждающихся колебаний (флаттер). Отчет по дог. № 413-973/НТУ. ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, СПб, 2004.

5. Кутузов М.А. Оценка поведения плавучего затвора в условиях предельного волнения // Магистерская диссертация; СПбПУ, 2013, 94 с.
6. Большев А.С., Фролов С.А., Михаленко Е.Б. Математическое моделирование поведения морских плавучих сооружений // Труды СПбГПУ, изд. СПбГПУ, 2007, №502, с. 37-38.

УДК 627

А. Макаримова, М.В. Лаворчик, Н.Д. Беляев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ГТС НА ПРОЦЕСС РАЗМЫВА

При строительстве гидротехнических сооружений различного назначения и конструкций одной из основных проблем является защита грунтов основания от размыва (рис. 1). При воздействии течений и волн возникают местные размывы дна, которые могут стать причиной потери устойчивости и прочности конструкции ГТС.

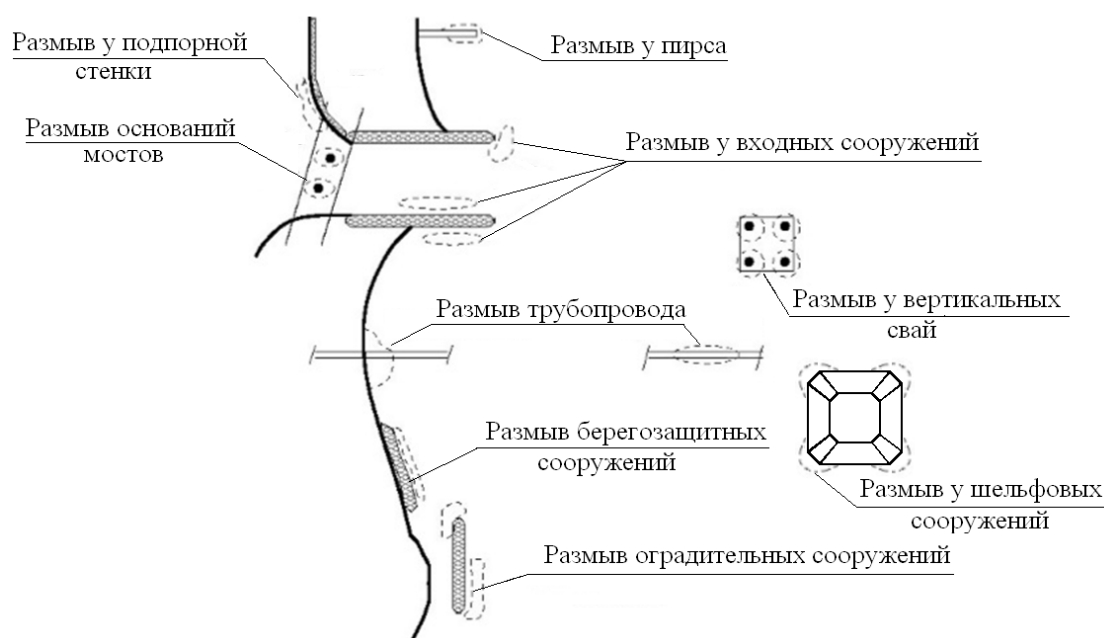


Рис. 1. Размыв у различных сооружений [7]

На процесс размыва дна оказывают влияние различные факторы:

- параметры внешнего воздействия;
- возникновение областей завихрения потока;
- колебательные движение жидкости при волнении;
- воздействие струй воды от работающих судовых винтов;
- и непосредственно сами конструкции ГТС (свайные или гравитационные; вертикальные или наклонные, малого или большого размера и т.п.).

В данной статье рассматривается последний из указанных факторов.

Изучение процесса местного размыва затруднено наличием сложных процессов, связанных с особенностями формирования воронки, ее глубиной и формой, которые зависят от множества обстоятельств, среди которых можно выделить скорость и направление водного потока [1, 2].

Стенки гидротехнического сооружения являются препятствием на пути водного потока, поэтому вызывают дифракцию волн (рис. 2).

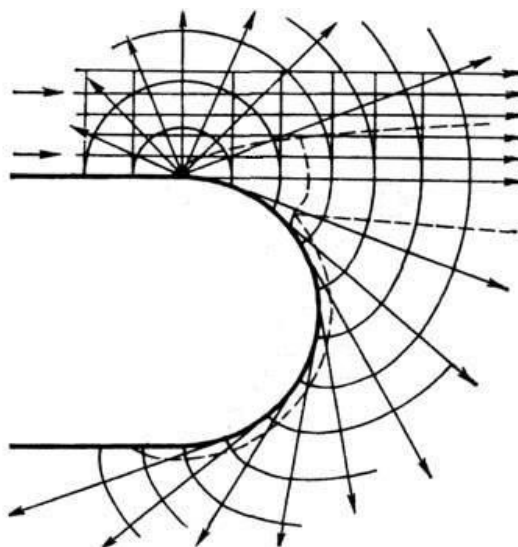


Рис. 2. Дифракция волн [6]

Часть потока, обходя опору со стороны, устремляется вверх, тем самым образуя повышение уровня воды. Другая часть потока, отражаясь от дна и меняя свое направление, закручивается и образует вихрь.

Такой вихрь охватывает опору и вымывает частицы грунта у основания сооружения, вследствие чего образуются пустоты (рис. 3).

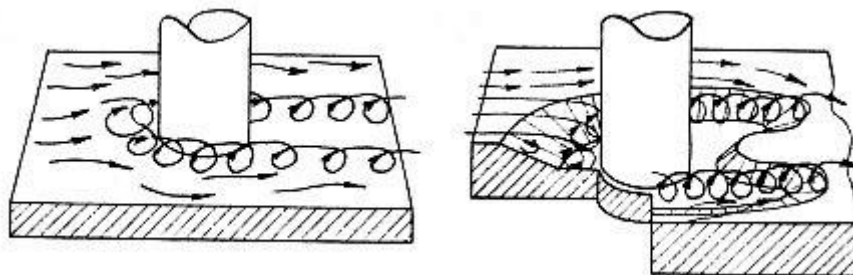


Рис. 3. Размыв под действием потока [1]

Размыв представляет наибольшую опасность, если он происходит вблизи основания конструкции [7, 8].

От выбора формы и конструкции опоры во многом зависит размыв дна. Чем массивнее опора, которая стоит на пути у водного потока, тем больший объем воды будет изменять свое направление движения и отражаться от нее, что приводит к большему размыву.

У опор, имеющих кругло-цилиндрическое сечение, наблюдается размыв у боковых граней, который опережает размыв перед лобовой гранью. Эти размывы соединяются, что приводит к образованию наибольшей глубины воронки размыва.

Для опор, у которых заострена лобовая часть, турбулентность потока намного меньше. У опоры данного типа не наблюдается нисходящих струй, скользящих вниз по лобовой грани, а наблюдается только разрезание носом опоры подковообразного вихря, с дальнейшим разделением его на два донных вихря, располагающихся по бокам опоры. Возле заостренных опор глубина размыва значительно меньше, чем у опор, имеющих тупую фронтальную оконечность. Если у таких опор максимальная глубина образуется перед лобовой гранью, то у заостренных опор максимальная глубина сдвигается к миделевому сечению. Стоит заметить, что чем больше заострена опора, тем больше расстояние сдвига. В большинстве случаев

максимальная глубина размыва у таких опор находится около сопряжении фронтальной части с боковыми плоскостями опоры.

Размыв продолжается до тех пор, пока дно около сооружения не примет такую форму, при которой опасные вихри не будут образовываться. Но к этому времени конструкция может потерять устойчивость из-за вымывания частиц грунта, а это, в свою очередь, может привести к дальнейшему разрушению сооружения или потребует крупных дополнительных затрат на восстановление первоначального состояния основания и его укрепление во избежание подобных нарушений [1].

Формирование воронок и траншей размыва происходит в том случае, если максимальная донная скорость перед сооружением превышает допустимое значение для неразмывающей скорости грунта, которая не зависит от причин возникновения местного размыва. При рассмотрении отечественных нормативных документов были проанализированы рекомендации по выявлению допускаемых неразмывающих и максимальных донных скоростей для различных типов сооружений:

- вертикальные и наклонные стенки (СП 38.13330.2012) [3];
- опоры сквозных сооружений и специальные стенды (ВСП 33-03-07 МО РФ) [4];
- опоры мостов (СП 32-102-95) [5];
- вертикальные цилиндрические сооружения больших размеров (СП 38.13330.2012) [3].

Большинство методов прогнозирования размывов установлены на основе эмпирических закономерностей, выявленных лабораторными и полевыми исследованиями. Но в зависимости от обстоятельств рассматриваемые изменения могут произойти достаточно быстро, например, при воздействии шторма, также гидродинамика потока терпит сезонные изменения.

К появлению и разработке все большего числа мероприятий по защите различных ГТС от размыва при их проектировании привело то, что эта проблема не решена полностью до настоящего времени.

Проанализировав все полученные сведения о влиянии типа сооружения на процесс размыва дна, можно сделать следующие выводы:

- рекомендуется выбирать те типы опорных оснований, которые уменьшают интенсивность возникновения размыва;
- существует необходимость совершенствования нормативной базы с разработкой рекомендаций по оценке параметров размывающего действия для ГТС различной формы, конструкции и назначения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Беляев Н.Д. Защита оснований ледостойких платформ от размыва. Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. тр. Выпуск №8. Москва, 2009. с. 228-236.
2. Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., Карась Р.А. Учет различных видов потоков, воздействующих на морские гидротехнические сооружения. Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2007. Т. 1. № 49. С. 177-185.
3. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)
4. ВСП 33-03-07 МО РФ. Инструкция по проектированию откосных и сквозных оградительных сооружений и специальных подводных стендов 1980 г.
5. СП 32-102-95. Сооружения мостовых переходов и подтопляемых насыпей методы расчета местных размывов.
6. Дифракция волн. Физическая энциклопедия [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://femto.com.ua/articles/part_1/1069.html
7. Engineer Manuals 1110-2-1100 (Part VI), Change 3 (28 Sep 11).
8. Беляев Н.Д. Инженерные методы предотвращения размыва дна от работы судовых движителей. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб, 1999.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Введение. Торфяные болота являются уникальными природными экосистемами, выполняющими важную роль в биосфере. Они содержат около 10% глобальных запасов пресной воды, играя первостепенную роль в поддержании гидрологического баланса в биосфере, формировании речного стока. Они имеют большое значение в поддержании биологического разнообразия, являясь местообитанием для многих видов растений и животных, в том числе – редких, численность и ареалы которых сокращаются в результате все возрастающего антропогенного воздействия. Болота занимают свыше 20% территории России, встречаясь во всех природных зонах, при этом наибольшее распространение их в тундровой, лесотундровой и таежной.

Цель работы – оценка необходимости в проведении мониторинговых наблюдений и исследований процессов трансформации и миграции загрязняющих веществ в болотах, используемых для складирования промышленных отходов, бытовых и сельскохозяйственных стоков, строительстве шламовых амбаров.

Особую важность приобретают микробиологические исследования, которые совместно с гидрохимическими, дают полный объем информации при оценке экологического состояния торфяников. Однако недостаточная изученность изменений под влиянием антропогенного воздействия, затрудняет правильную интерпретацию полученных результатов.

В середине прошлого столетия процессам разложения торфяной залежи и сравнительной характеристике микробиологических свойств в различных типах болот было посвящено много работ, в которых основное внимание уделялось изучению изменений в связи с их освоением для сельского и лесного хозяйства. Была выявлена взаимообусловленная зависимость между ботаническим составом, физико-химическими характеристиками, гидротермическими условиями и микроорганизмами-деструкторами растительных остатков [1, 2].

В торфяниках, в естественных условиях, основная группа микроорганизмов представлена видами неспороносных и споровых бактерий, актиномицетов, олигонитрофилов, водорослей, флюоресцирующих и плесневых грибов, а также анаэробными фиксаторами азота, аммонификаторами и денитрификаторами. Многолетние исследования за показателями микробного разнообразия низинных и верховых торфяников показали, что комплексы различаются по запасам и характеру распределения микробной биомассы в толще.

В настоящее время используются новые методы исследования биологической активности почв, такие как метод субстрат-индуцированного дыхания (СИД), входящий в перечень стандартных параметров в ряде зарубежных стран, динамика скорости базального дыхания (БД), микробной биомассы (БМ) и метаболический коэффициент (QR). Российскими исследователями [3, 4] и зарубежными [5, 6] с помощью методов СИД было выявлено, что с глубиной торфяной залежи микробная биомасса (БМ) увеличивается; так в верхних горизонтах олиготрофного болота средние значения составляют 0,6 мг/г торфа, на глубине 300 см – 1,9 мг/г торфа. Более высокие значения БМ в анаэробных горизонтах объясняется тем, что процессы разложения органического вещества в них протекают более интенсивно за счет одновременной активизации факультативно-анаэробной и анаэробной микрофлоры.

Средняя интенсивность базального дыхания (БД) с глубиной снижается и изменяется от 5,2 до 4,1 мкг C–CO₂/(г/ч), на глубине 0–25 и 200–250 см соответственно. По интенсивности базального дыхания (БД) исследуемые болота можно расположить в ряд: эвтрофное > олиготрофное > мезотрофное [4]. Значения метаболического коэффициента (QR), который является критерием устойчивости микробных сообществ и индикатором эффективности использования субстрата, с глубиной изменяются незначительно с 0,9 (0–25 см) до 0,6 (200–250 см) и не превышают 1, что характеризует стабильное функционирование микробных сообществ в исследуемой торфяной залежи [7]. Отсутствие значительных различий величин QR может свидетельствовать об устойчивом протекании микробных процессов, связанных с трансформацией углерода.

В последнее время появились работы по оценке филогенетического разнообразия прокариотных микроорганизмов в сфагновых болотах с использованием методов молекулярной экологии [8, 9]. Такими методами бактериальное разнообразие оценивается на уровне крупных классов (*Alpha*- и *Betaproteobacteria*), отдельных филогенетических групп (*Acidobacteria*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*) или отдельных популяций (метанотрофных или метаногенных организмов). Исследователями в торфяниках были выявлены бактерии 30 родов, из них 22 рода – представители грамотрицательных бактерий и 8 родов – представители грамположительных бактерий, что говорит о преобладании протеобактерий, а отношение протео- к актинобактериям составило 3/1.

Известно, что микроорганизмы могут изменять свойства и подвижность микроэлементов и тяжелых металлов. Вопросы миграции и трансформации соединений Fe, Mn, Cu, Ni, Co, Pb в различных условиях увлажнения изучались многими исследователями. При увеличении увлажнения почв от 60% до 100% ПВ возрастает доля аморфных соединений Fe и Mn, а также связанных с ними соединений Co, Ni, Cu и Pb. Масштабы изменения их фракционного состава зависят от физико-химических свойств почв, кислотности, количественного и качественного состава органического вещества (гуматный или фульватный) [10].

Исследования Плехановой [11] по изучению поведения соединений в заболоченных почвах при комплексном, полиэлементном загрязнении показали, что по отношению к условиям увлажнения, металлы подразделяются на три группы: к 1 группе относятся соединения Co и Ni, состояние которых определяется интенсивностью развития восстановительных процессов и состоянием соединений Fe, Mn (как основных сорбционных комплексов, с которыми они тесно связаны); к 2 группе – соединения Cu и Pb, состояние которых зависит от режима увлажнения и окислительно-восстановительных условий, тесно связаны с органическим веществом и соединениями Fe и Mn; к 3 группе относятся соединения Zn и Cd, состояние которых не зависит от режима увлажнения почв и окислительно-восстановительных условий, характеризуются слабым родством с соединениями Fe и Mn, и органическими соединениями.

Для оценки сорбционной способности торфа изучалась возможность использования торфяных болот в качестве приемников животноводческих стоков. Было показано, что верховой торф, по сравнению с низинным, обладает большей максимальной сорбционной емкостью по отношению к таким биогенным элементам, как азот, фосфор и калий [11]. Однако сульфаты и хлориды обладают низкой сорбционной способностью, они очень мобильны, что позволяет им служить маркерами для определения ареалов распространения в болотных водах загрязняющих веществ. Расчеты показали, что использование болота в качестве приемника животноводческих стоков может длиться в течение 30–40 лет. В дальнейшем болото может стать источником загрязнения водной среды патогенными спороносными видами микроорганизмов, а также токсичными соединениями, образующимися в результате биохимических процессов.

Среди множества загрязняющих веществ, нефтеуглеводороды, попадающие в почву, изменяют ее физико-химические свойства и негативным образом влияют на биологическую составляющую болотной экосистемы. При высоком содержании нефтепродуктов, механические барьеры сдерживают миграцию растворов вглубь почвы, но постепенно происходит просачивание в нижележащие горизонты низкомолекулярных соединений, имеющих более высокую растворимость и диффузионную способность. На биологическую активность почвы, по мнению многих исследований, легкие компоненты нефти в низких концентрациях не оказывают отрицательного воздействия [12]. Однако высокие дозы угнетают рост и развитие микроорганизмов, кроме тех, для которых углеводороды являются источником питательных веществ. Следует отметить, что нефть практически не влияет на общее содержание грибов, даже при загрязнении 16 л/м² численность их не сокращается, а активность даже увеличивается на третий и четвертый год после загрязнения. По данным Киреевой [13], в этот же период формируются новые, нетипичные виды, которые часто доминируют и обладают фитотоксическими свойствами. Наиболее чувствительными к нефтяному загрязнению являются аэробные целлюлозоразлагающие и нитрифицирующие бактерии. Их численность падает с увеличением концентрации нефти и не восстанавливается до фонового уровня [14].

Результаты. Таким образом, в торфяных болотах различных типов существует природный естественный пул микроорганизмов, включающий различные группы и виды. Однако при попадании чужеродной и не свойственной для болотной среды микрофлоры, либо химического загрязнения, баланс может нарушиться, что приведет к изменению видового разнообразия микроорганизмов и их численности. Кроме того, специфические физико-химические условия болотной среды будут способствовать сохранению и последующей миграции микроорганизмов, поступивших, например, со сточными водами животноводческих хозяйств или других агрокомплексов.

Выводы. При составлении программы мониторинговых исследований болотных систем необходимо включить показатели биологической активности и санитарно-гигиенического анализа антропогенно-нарушенных болотных почв.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шубин В.И., Данилевич В.М. Микрофлора почвы осушенных осоково-сфагновых переходных болот и влияние на нее агротехнических мероприятий. В кн.: Почвы Карелии и пути повышения их плодородия. Петрозаводск: 1971. С. 251-264.
2. Загуральская Л.М. Роль микроорганизмов в разложении органического вещества в Карелии. Петрозаводск: 1974, С. 179-180.
3. Сергеева М. А., Хохлова А. М. Микробная биомасса и ее активность в торфяных болотах Сибири // Вестник ТГПУ (TSPU Bulletin). 2015. № 2(155). С. 143-150.
4. Сергеева М.А., Инишева Л.И. Биохимические процессы в олиготрофных залежах Васюганского болота // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2008. № 4. С. 57-63.
5. Bouma J. Environmental quality: a European perspective // J. Environm. Quality. 1997. Vol. 26. P. 26-31.
6. Sikora L.J., Yakovchenko V., Kaufman D.D. Comprasion of rehydration method for biomass determination to fumigation-incubation and substrate-induced respiration method // Soil Biol. Biochem. – 1994. Vol. 26, No 10. P. 1443-1445.
7. Anderson T.H., Domsch K.H. Application of eco-physiological quotients qCO₂ and qD on microbial biomass from soils of different cropping histories // Soil Biol. Biochem. 1990. Vol. 22, No 2. P. 251-255.
8. Панкратова Т.А., Белова С.Э., Дедыш С.Н. Оценка филогенетического разнообразия прокариотных микроорганизмов в сфагновых болотах методом FISH // Микробиология. 2005. Т. 74. № 6. С. 831-837.
9. Dedysh S.N., Pankratov T.A., Belova S.E., Kulichevskaya I.S., Liesack W. Phylogenetic Analysis and in situ identifi cation of bacteria community composition in an acidic sphagnum peat bog // Applied and Environmental Microbiology. 2006. Vol. 72. No 3. P. 2110-2117.

10. Ахметьева Н.П., Лапина Е.Е., Лола М.В. Экологическое состояние природных вод водосбора Иваньковского водохранилища и пути по сокращению их загрязнения. М.: УРСС, 2008. 230 с.
11. Беляев А.Ю., Джамалов Р.Г., Кричевец Г.Н., Полякова В.Л., Юшманов И.О. Эффект гистерезиса сорбции биогенов болотными отложениями // Водные ресурсы. 2005. Т. 32. № 2. С. 205-213.
12. Калачникова И.Г., Базенкова Е.И., Колесникова Н.М. Исследование трансформации нефтяных углеводородов в почвенной экосистеме как основа оптимизаций антропогенных воздействий на нее // Экология и генетика микроорганизмов. 1990. С. 140.
13. Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Миртахова А.М. Влияние нефтяного загрязнения на целлюлазную активность почв // Почвоведение. 2000. № 6. С. 78.
14. Богданов В.Л., Горбовская А.Д., Николаев Р.В. и др. Динамика естественных процессов восстановления почвенно-растительного покрова при загрязнении нефтепродуктами // Известия СПбГАУ. 2008. № 8. С. 10.

УДК 502

Л.А. Глушенко, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНЫХ СТАНДАРТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В РОССИИ

Введение. Зеленое строительство появилось в 70-х годах прошлого века, когда идея сохранения и поддержания природных ресурсов стала набирать популярность. Причиной послужило ухудшение экологии планеты из-за внедрения новых технологий и промышленной деятельности людей. Появилась необходимость как в экологичном дизайне, так и в весомых аргументах, повышающих комфорт проживания и снижение рисков здоровья [1].

К основным принципам зеленого строительства можно отнести:

- оптимальное использование различных материалов, а также энергетических и водных ресурсов;
- применение экологически чистых стройматериалов;
- сведение к минимуму количества отходов и вредного воздействия на окружающую среду в целом;
- применение материалов местного происхождения (это делается для того, чтобы уменьшить загрязнение среды транспортными средствами при перевозке);
- при строительстве и эксплуатации «зеленых» стараются использовать в первую очередь возобновляемые источники энергии (солнечную, энергию воздушных масс и энергию, содержащуюся в недрах земли);
- материалы с хорошими показателями энергоэффективности и энергосбережения.

Цель работы – оценка эффективности мероприятий по снижению негативного влияния зданий на окружающую среду и здоровье человека с использованием особых рыночных инструментов – системы сертификации зданий.

Оценка эффективности зеленых зданий обычно осуществляется третьей стороной с помощью рейтинговой системы, содержащейся в отраслевых стандартах. Рейтинговая система представляет собой совокупность количественных и качественных показателей для оценки здания как среды обитания человека, характеризующих уровень комфорта, энергоэффективности, экологичности и защиты окружающей среды в соответствии с принципами устойчивого развития.

В настоящее время наиболее известными и широко распространенными в мире, а также в России, являются три системы рейтинговой оценки зданий. К ним относятся: система BREEAM (Великобритания) [2], система LEED (США) [3] и система DGNB (Германия) [4].

По количеству сертифицированных проектов лидирует BREEAM – около 300 тыс. сертификатов в мире.

Результаты. Для определения оптимального стандарта экологического строительства в данной работе выполнен сравнительный анализ приведенных зарубежных стандартов.

В табл. 1 приведены данные анализа критериев международных стандартов, объединенных в специальные разделы – инженерно-технические системы, объемно-планировочные решения, конструктивные решения, эффективное использование материалов и эстетические решения. По данным этой таблицы можно заключить, что BREEAM, LEED и система DGNB имеют, в первую очередь, инженерно-техническую направленность [5].

Система BREEAM охватывает широкий спектр вопросов от безопасного для окружающей среды возведения объема до утилизации отслуживших свой срок конструктивных элементов и материалов. В стандарте LEED рассматриваются схожие позиции с BREEAM, при этом система ориентирована на американское законодательство. Иную структуру имеет стандарт DGNB: в нем оценивается качество процессов и структур в здании. Он включает экономическую составляющую, функционирование объектов недвижимости и учет всего жизненного цикла здания [6].

Таблица 1

Анализ критериев международных стандартов по разделам [6]

Раздел экостандарта	Кол-во требований рассматриваемого раздела, %		
	BREEAM	LEED	DGNB
Инженерно-технические системы	20,02	34,6	14,28
Объемно-планировочные решения	14,56	5,76	6,12
Конструктивные решения	3,64	3,84	6,12
Эффективное использование материалов	10,92	19,2	6,12
Эстетические решения	1,82	1,92	4,08

Одним из самых важных отличий является то, что BREEAM это – научный стандарт, ориентированный на широкий спектр экологических проблем. В то время как LEED – стандарт коммерческий и больше сфокусирован на энерговодопотреблении (табл. 2). Уровень минимальных требований в LEED достаточно жесткий, поэтому здания на базовом уровне легко сравнивать между собой. Стандарт BREEAM является более гибким, так как два здания, получивших сертификат данного стандарта могут существенно отличаться по набору параметров. Более того, сертификация по LEED осуществляется строго на английском языке, а при BREEAM необходимые технические документы могут быть на русском языке.

Не менее популярным после LEED и BREEAM считается немецкий стандарт DGNB. Стратегическая цель DGNB – концентрация на максимальном жизненном цикле существования здания, на качестве и тщательности проработки проекта. Самое главное отличие от BREEAM и LEED заключается в идее долгосрочной оценки. Системой учитываются не только этапы строительства и подбора материалов, но и программа использования здания в ближайшие 50 лет. Но национальные стандарты других стран являются менее востребованными и редко используются за пределами страны-разработчика [7]. В настоящее время российское отделение DGNB работает над адаптацией критериев системы сертификации к местным условиям. Эксперты под контролем DGNB разрабатывают системную версию для России, учитывая местные условия. Бизнес-центр «Ленинский, 119» – первое зеленое здание в России, сертифицированное по стандарту DGNB (оценка «Золотой»).

Таблица 2

Плоскости оценивания международных стандартов [7]

Стандарт	Плоскости оценивания	Шкала оценивания в баллах	Кол-во зданий в РФ, получивших сертификацию	На сертификат имеют право претендовать
BREEAM	Энергопотребление (этот пункт учитывает также объём выбросов углекислого газа); Менеджмент; Безопасность и комфортность среды; Транспортный сегмент; Водные ресурсы; Стройматериалы; Утилизация отходов; Использование земли; Загрязнение окружающей среды	Сертифицировано (более 30) Хорошо (более 45) Очень хорошо (более 55) Отлично (более 70)	60	Здания торговых комплексов, офисные сооружения, тюрьмы, суды, здравоохранительные и образовательные учреждения, а также строения промышленного назначения
LEED	Качество строительной площадки; Использование водного ресурса; Энергия и качество атмосферы; Материальная база и база ресурсов; Параметры воздуха в здании; Наличие инноваций и уровень дизайна	Простой (более 40) Серебряный (более 50) Золотой (более 60) Платиновый (более 80)	12	Коммерческие и торговые площади, уже эксплуатирующиеся объекты, здания школ, жилые объекты, загородные дома, а также дизайны интерьеров и отделки зданий.
DGNB	Качество окружающей среды; Экономическая эффективность; Социально-культурные качества; Функциональность; Техническая оснащённость; Качество процесса; Качество месторасположения	Сертифицировано (более 35) Бронзовый (более 50) Серебряный (более 65) Золотой (более 80)	1	Коммерческие, промышленные, институциональные и жилые здания, а также гостиницы и уже существующие здания и интерьеры.

В целом, систему BREEAM можно считать более емкой, так как она охватывает более широкий спектр вопросов от безопасного для окружающей среды возведения объема до утилизации отслуживших свой срок конструктивных элементов и материалов. В рамках группы стандартов BREEAM в России постепенно набирает популярность схема оценки экологического воздействия для нежилых зданий, так называемый стандарт BREEAM In-Use [8]. Отличительной особенностью BREEAM In-Use является возможность оценивать уровень экологической эффективности технической оснащенности и процессов управления недвижимостью (табл. 3).

Стандарт BREEAM In-Use позволяет менеджерам объектов сократить текущие расходы и улучшить воздействие существующих зданий на экологию. Необходимо ежегодно подтверждать соответствие данному стандарту [8]: это помогает удостовериться в том, что показатели эффективности здания не ухудшаются с течением времени, а также являются механизмом для регулярной модернизации.

Таблица 3

Критерии оценивания стандарта BREEAM In-Use [8]

Стандарт	Критерии оценивания	На сертификат имеют право претендовать
BREEAM In-Use	Технические характеристики здания: качество архитектурных решений и инженерных систем. Оценивается уровень потребления основных ресурсов (энергия, вода, материалы, оборудование), уровень выработки отходов; Показатели эффективности управляющей компании: оценка степени учета экологических аспектов при формировании политики, процедур и при внедрении практик эксплуатации здания. Организационная эффективность: оценка активности пользователей по внедрению практик экологического менеджмента.	Здания, построенные без изначального учета требований стандарта и эксплуатирующиеся на момент инициации процедуры сертификации не менее двух лет.

Выводы. Сертификат BREEAM In-Use позволяет постепенно повышать качественные показатели эффективности эксплуатации объекта. В России с каждым годом растет количество объектов, зарегистрированных на сертификацию по вышеуказанным системам. Более стремительному развитию страны в данном направлении поспособствовало проведение крупных спортивных мероприятий международного уровня (Олимпиада в Сочи, Чемпионат мира по футболу 2018 года).

ЛИТЕРАТУРА:

1. СТО НОСТРОЙ 2.35.4–2011. «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания. М., 2011.
2. BREEAM / Что такое BREEAM? / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.breeam.org> / Дата обращения: 11.10.2017.
3. Агапова К. Сертификация зданий по стандартам LEED и BREEAM в России. [Текст] // Здания высоких технологий, 2013. С. 59-63.
4. Клейст Т. Материала учебного семинара по сертификационной системе Немецкого совета по экоустойчивому строительству DGNB Консультант / Лектор: Томас Клейст. Москва: офис фирмы «Бене Рус», 15-19 мая, 2013 г.
5. Сухинина Е.А. Сравнительный анализ международных экологических стандартов в строительстве // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Серия: Политематическая. 2014. № 1 (31). Ст. 13. / [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Sukhinina-2014_1\(31\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Sukhinina-2014_1(31).pdf).
6. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dgnb.de/de/verein/dgnb-gruendungstag>.
7. LEED 2009 for new construction and major renovations. [Текст]. 108 с.
8. Агапова К. BREEAM «В Использовании» [Текст] / Здания высоких технологий, 2017. С. 14-19.

ЭКОЛОГИЧНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Введение. Безопасность зданий и сооружений находится в прямой зависимости от выбора строительных материалов. Канцерогены, опасные химические соединения, выделяемые в жилом помещении, негативно влияют на здоровье человека.

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 до 5 раз превышает уровень загрязнения атмосферного воздуха. В воздухе наших квартир и офисов одновременно может присутствовать более 100 летучих химических веществ [1, 2].

Цель работы – оценка экологичности и безопасности строительных материалов.

Согласно СанПин 2.1.2.729-99 содержание вредных веществ в материалах 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 [2]. Большинство из них относят согласно ГОСТ 12.1.007-76 ко второму классу токсичности, т.е. к высокотоксичным соединениям, обладающим кумулятивными и канцерогенными свойствами [3].

Вышеупомнутый асбест в настоящее время запрещен в России, как и во многих странах Европы. Так как, несмотря на уникальные свойства как строительного материала (его волокна не горят и выдерживают высокие температуры, по прочности при растяжении волокна асбеста превосходят стальную проволоку), 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: в отличие от хризотилитового он не выводится из организма человека, а оседает в легких.

В строительной индустрии наиболее часто используют полимерные материалы (ПСМ) – это соединения определенного химического строения, получаемые из мономеров, олигомеров, полимеров, с введением при изготовлении изделий разнообразных ингредиентов [4]. 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 [5]. 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, наиболее дешевый и распространенный вариант. По своему составу он сильно 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. В составе синтетического линолеума наибольшую опасность представляют искусственные смолы и поливинилхлорид, при нагревании они выделяют вредные для здоровья соединения. Линолеум, к тому же, накапливает на поверхности статические заряды, что также негативно влияет на самочувствие человека и животных.

Из-за токсичности ингредиентов к ПСМ 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.) [3]. Ряд авторов указывают в своих исследованиях, что даже при незначительном тепловом воздействии (солнечный свет, отопление и т. д.) на материал, такие соединения, как ацетон, эфирацетаты, уксусная кислота и этанол, обладают эффектом суммации рефлекторно-резорбтивного действия на организм человека [6, 7].

Несмотря на это, защититься от негативного воздействия достаточно просто, если 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 [8]. В некоторых случаях трещины в бетонных конструкциях шпаклюют расширяющимися при твердении составами и проклеивают нетканым материалом [0].

Кроме того, еще одним решением является использование сорбционно-активных веществ. Одним из таких веществ является скоп, предложенный Баталиным Б.С. [0]. Данный скоп представляет собой волокна целлюлозы, полученные из отходов картонного производства, с примесями лигнина, карбонатом магния, натрия, кальция и калия, с большим добавлением их фосфатов и нитратов. Объем волокна в скопе составляет 75-90 %, длина волокон целлюлоз до 150-250 мкм, толщиной 1-5 мкм. Проведенные исследования над скопом [0], показали, что его 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 в мире все больше 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 материалы. Уникальные свойства материалов на основе ГВ позволяют использовать их для «зеленого» строительства [0].

Выводы. Таким образом, чтобы жить в гарантированном экологическом комфорте, при выборе строительных материалов, прежде всего, необходимо руководствоваться их безопасностью для человека. Тогда мы не только будем гарантировать долговечность зданий и сооружений, но и экологически безопасную среду обитания человека [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. 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 // Вестник ТГАСУ. 2006. № 2. С. 22-33.
5. Полимеры и полимерсодержащие строительные материалы, изделия и конструкции. Гигиенические требования безопасности. СанПиН 2.1.2.729–99. Минздрав России, 1999. С. 12.
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. С. 69.
7. Зубкова Т.П. Строительные материалы и изделия // Вестник ГАСУ. 2007. № 3. С. 195-203.

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 693, 694

М.А. Кравченко, Т.А. Степанчук, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ДОМ: ДЕРЕВО ИЛИ КАМЕНЬ?

Введение. Рынок материалов и технологий для индивидуального малоэтажного жилищного строительства сегодня многообразен. Каждый производитель увешивает «наградами» свою технологию строительных конструкций, но на вопросы о сравнении с другими по ряду параметров, включая стоимость и окупаемость, покупатель зачастую получает уклончивый ответ со ссылкой на множество факторов, влияющих на эффективность применения той или иной технологии. Камень и дерево – признанные фавориты малоэтажного строительства, каждый из которых обладает множеством достоинств и некоторым количеством недостатков [1-3]. В доме, построенном из какого материала, будет комфортнее жить?

Цель работы – проведение сравнительного анализа строящихся современных домов.

Современные технологии строительства малоэтажных домов очень разнообразны и позволяют выбрать каждому застройщику подходящий вариант. Так, для строительства малоэтажных домов подходят следующие технологии [4]:

- каркасное домостроение;
- блочные дома из пеноблоков и газобетона;
- дома из бруса.

Каркасное домостроение. С использованием этой технологии вы получите дом в кратчайшие сроки. По скорости сборки домам каркасно-панельной технологии нет равных. Для строительства жилья используются заводские или самодельные сэндвич-панели. Для их дополнительной фиксации применяется каркас из бруса. Технология монтажа дома настолько простая, что вы без труда справитесь самостоятельно. Для изготовления СИП-панели используется листовый древесный материал (обычно ОСП) и утеплитель (пенополистирол).

Монтаж сооружения по каркасно-щитовой технологии займет чуть больше времени, зато себестоимость дома будет ниже, чем при использовании СИП-панелей. Суть метода в том, что на строительной площадке сначала сооружается каркас дома из бруса, затем он обшивается листовым древесным материалом. После установки крыши между стойками каркаса закладывается утеплитель и зашивается ГВЛ, фанерой, ОСП. В конструкции стен обязательно используется ветробарьер и пароизоляционная мембрана [5].

К плюсам этой технологии следует отнести меньшую стоимость на возведение дома по сравнению со стоимостью возведения дома из кирпича. Также, благодаря небольшому весу стен, можно заложить облегченный фундамент, что позволит сэкономить на материалах и объемах земляных работ. Благодаря тому, что стены по большей части состоят из утеплителя, такой дом быстро прогревается и отлично сохраняет тепло. Так, стена из СИП-панели толщиной 20 см приравняется по теплоизоляционным характеристикам к кирпичной кладке толщиной 50 см. Поскольку стены обладают низкой теплопроводностью, зимой можно сэкономить на отоплении. Дом практически не дает усадки, поэтому не нужно делать

длительную технологическую паузу после возведения коробки. Возведение коробки можно выполнять в любое время года, ведь полностью отсутствуют мокрые процессы [6].

Недостатки у каркасного домостроения тоже есть. Во-первых, такой дом обладает высокой герметичностью, поэтому придется обустроить эффективную и недешевую систему приточно-вытяжной вентиляции. Во-вторых, этот дом сложно назвать экологически чистым жильем. Более того, используемые материалы подвержены горению, а пенополистирол выделяет вредные вещества. И в-третьих, хотя производители СИП-панелей и каркасных домов и уверяют, что постройка очень прочная и может прослужить до 75 лет, это не всегда так [6].

Дома из ячеистого бетона. Если раньше малоэтажные дома строили чаще из кирпича, то сегодня на смену ему пришел современный ячеистый бетон. Из него делают пеноблоки и газоблоки, которые применяются для возведения стен дома. К достоинствам таких материалов можно отнести то, что дом из ячеистого бетона возводится в три раза быстрее, чем из кирпича, и себестоимость постройки будет намного ниже. К тому же такой материал не подвержен усадке, поэтому в доме из блоков можно сразу делать отделку и заселяться в него. Пористый газоблок способствует естественной циркуляции воздуха в помещении, поэтому в доме формируется благоприятный микроклимат. Ячеистый бетон обладает высокими теплоизоляционными характеристиками. Под легкие пористые стены можно обустроить облегченный фундамент, что позволит сэкономить при строительстве. Гладкая ровная поверхность стен из газоблоков не нуждается в дополнительном выравнивании перед финишной отделкой.

Но существуют и недостатки. Ячеистый бетон обладает высокой пористостью, что приводит к его повышенной гигроскопичности, поэтому стены оставлять без отделки нельзя. После впитывания влаги теплоизоляционные свойства газобетона снижаются. К тому же, этот материал имеет низкую прочность на скалывание, поэтому перед укладкой плит перекрытий, монтажом крыши нужно делать монолитный армопояс, а это влечет за собой дополнительные расходы и затраты времени [7].

Дома из бруса. Сегодня для возведения малоэтажных домов очень часто используют профилированный и клееный брус. При этом можно выбрать более дорогой и качественный клееный брус или не такие дорогие профилированные изделия камерной сушки. Рассмотрим плюсы и минусы дома из бруса.

К положительным качествам древесины относят высокие теплоизоляционные характеристики. Брус позволяет получить красивые стены, которые не нуждаются в финишной отделке. Древесина – довольно легкий материал, поэтому можно использовать маломощный фундамент. Простая технология монтажа позволяет самостоятельно в кратчайшие сроки возвести коробку дома. Дом из бруса – это экологически чистое сооружение с благоприятным для человека микроклиматом внутри. Из бруса можно строить зимой. Деревянный дом – экологически чистый, постройка его – выгодная с экономической точки зрения, а расходы на отопление – минимальны, т.к. дерево имеет особенность регулировать микроклимат внутри помещения [8]. Существует ряд недостатков у деревянных домов: древесина нуждается в обработке защитными составами; усадка дома может длиться несколько месяцев; некачественный материал может деформироваться и растрескиваться. К тому же, они обладают низкой огнестойкостью [2].

Комбинированные дома. Для тех, кто располагает возможностью, имеется прекрасный альтернативный способ совмещения обоих типов строительства – комбинированный. Нижний этаж этого дома строится по привычной технологии каменного возведения, а второй возводится брусом либо бревном. Первый этаж строения будет иметь все плюсы кирпичного дома, а значит: не поддается гниению верхний, значительно повысится эксплуатационные характеристики дома в целом. При рассмотрении финансовых затрат очевидно, что

комбинированный дом менее затратный, чем обычный каменный аналог, и плюс ко всему – он является гораздо более экологичным [5].

Результаты и выводы. Сравнительный анализ каменных и деревянных домов показывает, что каменный дом кажется более надежным и долговечным. Но само строительство и последующее содержание такого дома выливается в весьма ощутимые суммы, на погашение которых пойдет большая часть расхода. Главным доводом против строительства домов и коттеджей из дерева является то, что дерево менее долговечно и подвержено в регионах с влажным климатом биологическому повреждению и разрушению. Но с другой стороны, горят дома как деревянные, так и кирпичные. В основном это происходит из-за неправильной установки и эксплуатации отопительных или электрических приборов, но грамотно выполненный расчет электрических сетей и соблюдение конструктивных требований при установке печей и каминов, позволит оградить дом от пожара.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шухман Ю.И. Деревянные дома, бани, печи и камины, гараж, теплица, изгороди, дачная мебель. Азбука строительства быстро и без ошибок. М.: Изд-во: АСТ, 2006. 196 с.
2. Соболев А. Деревянный дом. Архангельск: 2003. 196 с.
3. Ватин Н.И. Синельников А.С., Малышева А.В. и др. Федеральный строительный рынок. /Малоэтажное строительство. Сравнительный анализ различных технологий, 2013. № 109.
4. <http://kakpostroitdomic.ru/stroitelstvo/maloetazhnoe-stroitelstvo.html>.
5. http://transtroitorg.ucoz.ru/publ/poleznye_sovety/material_dlja_zagorodnogo_doma/3-1-0-5.
6. <https://derevostroika.ru/sravnenie-kirpichnogo-i-derevyannogo-domov/>.
7. Сажнев Н.П., Соколовский Л.В., Журавлев И.С. и др. Как построить индивидуальный жилой дом из ячеистого бетона. Минск: Изд-во Стринко, 2003. 160 с.
8. Ильина Е.А., Мартемьянов М.Л., Пономаренко В.Г. Строим дом из бруса. М.: Изд-во Эксмо, 2015. 272 с.

УДК 332.85

А.А. Липатова, Т.А. Степанчук, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СТРОИТЕЛЬСТВО НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ НА ПРИМЕРЕ НЕВСКОГО РАЙОНА: ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НЕВСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Введение. Невский район Санкт-Петербурга – один из крупнейших районов города, сформировался как насыщенная промышленными предприятиями зона. Сегодня здесь сосредоточено 60 крупных и средних предприятий, среди них такие гиганты, как ОАО «Пролетарский завод», ОАО Пивоваренный завод «Вена», ОАО «Звезда», ЗАО «Ломоносовский фарфоровый завод», ТЭЦ-5 ОАО Ленэнерго, ЗАО «Невская косметика», АО «Невский завод» (рис. 1).

Территории промышленных предприятий и прилегающие к ним жилые комплексы подвержены воздействию различных производственных выбросов, загрязняющих воздушный бассейн и почву [1]. Дополнительное влияние на окружающую среду оказывают два золоотвала городских ТЭЦ, бывшего полигона ТБО «Яблоновская свалка» и наличие множества несанкционированных свалок.

Цель работы – исследование специфики строительства на загрязненных территориях на примере Невского района Санкт-Петербурга.



Рис. 7. Промышленные предприятия Невского района

Очевидно, что в Санкт-Петербурге все меньше свободных мест под застройку, а объемы возводимого жилья достаточно велики; все чаще под строительство новых объектов используются территории бывших предприятий, свалок и старых захоронений строительных отходов.

Эта проблема является достаточно актуальной, и примеров подобного строительства уже можно найти достаточно много. Если сравнить карты Санкт-Петербурга 1995 и 2015 годов, то окажется, что многие территории, обозначенные 20 лет назад как свалки, ныне застроены. На местах несанкционированных мусорных кладбищ выросли жилые комплексы «Морской фасад» и «Балтийская жемчужина» [2].

В Невском районе Фонд имущества Санкт-Петербурга активно распродает участки вдоль Дальневосточного проспекта, которые до середины 1980-х служили золоотвалами ТЭЦ-2. Например, участок (2.4 га) на пересечении с улицей Коллонтай ушел по итогам торгов за 978 млн. руб. при начальной цене 338 млн руб. Участок площадью 3 га напротив дома № 7 по Дальневосточному проспекту (при стартовой цене в 723 млн. руб.) продан за 1.37 млрд руб. На каждый лот претендовало три-пять компаний, а превышение продажной цены над стартовой в два-три раза ясно говорит об интересе инвесторов. Уже вся левая сторона Дальневосточного проспекта, служившая золоотвалом, ныне застроена. Граждане активно покупают здесь жилье, а золоотвал их не слишком тревожит. На интернет-форумах фон обсуждений проблемы позитивно-обнадеживающий. А многие не знают о свойствах и последствиях токсичных грунтов на техногенно-нарушенных территориях [2, 3].

Территорию вдоль Дальневосточного проспекта обычной свалкой не назовешь: после войны здесь существовал скотомогильник, а золоотвал наполнялся с конца 1950-х годов. Находящаяся неподалеку ТЭЦ-2 до начала перестройки работала на угле, после сгорания которого остается огромное количество золы. По вредному воздействию, золоотвал относится к третьему классу опасности, а сами вещества, содержащиеся в золе, – к наивысшим: первому и второму классам. Возможно поэтому, здесь концентрации ртути, кадмия, мышьяка и свинца превышают ПДК.

Помимо участков вдоль Дальневосточного проспекта, на Российском проспекте в 2016 году был построен спортивный комплекс хоккейного клуба СКА. Для него под строительство

выделили часть «кургана» – засыпанного мусорного полигона. Эта территория получила название Яблоневский сад. Противстроек в Яблоневом саду выступала организация «Зеленый патруль», и после проведенного обследования Российским геоэкологическим центром было выявлено, что грунт содержит опасные отходы, а ПДК тяжелых металлов превышает допустимые нормы: цинка – в 61 раз, свинца – в 35 раз, мышьяка – в 6 раз, кадмия – в 16 раз, нефтепродуктов – в 18 раз. Но проект ледового комплекса спортклуба СКА на Российском проспекте все-таки прошел экспертизу, с условием проведения рекультивации земли.

Результаты. Изучив ряд документов по Охране окружающей среды и экологической безопасности в Санкт-Петербурге за период с 1999 по 2016 гг., можно констатировать, что наиболее загрязненными участками района являются территории от пл. Бехтерева до Ивановской ул., вдоль Народной ул., от завода Большевик до Южной водопроводной станции, прилегающие к Невскому химическому заводу и золоотвалу ТЭЦ-2. Риск острого воздействия от загрязнения атмосферного воздуха составил от 71 % до 73 %, начало хронического действия следует ожидать. Статистически достоверная вероятность неспецифического общетоксического воздействия в 16-19% отмечается через 60 лет проживания на данной территории при сохранении существующего уровня загрязнения атмосферы. У детей может отмечаться рост заболеваемости по всем классам болезней [4-8].

Следующим фактором отрицательного воздействия на окружающую среду можно считать плохую ситуацию на дорогах. В районе чрезвычайно загружены автомагистрали, о чем свидетельствуют многочисленные пробки и, как следствие, – загазованность. Загрязнение воздуха превышает допустимые нормы практически на всей территории.

Компенсирование экологической обстановки зелеными насаждениями очень слабое. Невский район практически не имеет благоустроенных зеленых территорий. Если и имеются некоторые «непромышленные» зоны, то они не озеленяются [9]. Плохое состояние окружающей среды должно предполагать невозможность строительства здесь комфортабельного жилья и необходимость усиленного контроля над соблюдением санитарно-гигиенических норм при строительстве на данной территории.

Экологическое состояние городской среды необходимо учитывать при строительстве, особенно – на загрязненных территориях. Существует специальный раздел проектной документации, относящийся к мероприятиям по охране окружающей среды.

Выводы. Наиболее целесообразным решением использования таких территорий является не строительство на них жилых комплексов, что может быть вредно для здоровья жителей, а использование их под зеленые насаждения, которые помогут нейтрализовать влияние загрязняющих веществ, способствовать созданию благоприятной среды для жизни и отдыха горожан. Если все же застройка территории необходима, то должны быть соблюдены все нормы по ООС и проведена рекультивация земель, а также мониторинг экологического состояния почвы, воздуха и воды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ерохина В.И. Озеленение населенных мест / Справочник. М.: Стройиздат, 1987. 480 с.
2. Терентьев Д. Пентхаус на помойке / Новая газета, СПб., 2015. 5 с.
3. Горбовская А.Д., Уварова И.С. Токсигенные свойства урбанизированных территорий // Мат. IV съезда Докучаевского общества почвоведов. Новосибирск, 2004. 125 с.
4. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2004 году/ Под ред. Д.А.Голубева, Н.Д.Сорокина. СПб.: ООО «Сезам-Принт», 2005. 512 с.
5. Экологическая обстановка в районах Санкт-Петербурга / Под ред. Д.А.Голубева, Н.Д.Сорокина.- СПб.: Формат, 2003. 720 с.
6. Концепция устойчивого развития и Местная повестка дня на XXI век: Методическое пособие / Под ред. Д.А.Голубева, Н.Д.Сорокина. СПб.: Издательство «Союз художников», 2003. 480 с.

7. Степанов К. Экологические проблемы урбанизированных территорий на примере города Санкт-Петербурга. Реферат. СПб, 2003. 10 с.
8. Концевич А. Роль зеленых насаждений в создании комфортных условий городской среды Омска. Омск, 2012. 11 с.
9. Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге: Аналитический обзор за 25 лет / Под ред. Д.А.Голубева, Н.Д.Сорокина. СПб.: ФормаТ, 2004. 784 с.

УДК 551.43 (571.61)

В.В. Сапоненко, А.Д. Горбовская
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СОВРЕМЕННОЕ ОЗЕЛЕНЕНИЕ В БЛАГОУСТРОЙСТВЕ ТЕРРИТОРИЙ Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Введение. Озеленение территории – одно из ключевых направлений градостроительства городов и развития городских агломераций, фактор, имеющий большое значение в санитарно-гигиеническом, архитектурно-планировочном, социальном и эстетическом отношении. В настоящее время достаточной острой проблемой является сохранение и оздоровление среды, окружающей человека в условиях современного мегаполиса. Значительная роль в решении экологической проблемы отведена зеленым насаждениям, которые должны быть максимально приближены к месту жительства человека, с одной стороны, а с другой стороны, – органично сливаться с застройкой. Озеленение городских территорий оказывает благоприятное влияние как на физическое, так и на психическое состояние здоровья человека. В период интенсивного роста города, повышения ритма городской жизни и развития городского транспорта требуется все большее оснащение улиц, дворов и парков зелеными насаждениями. Важнейшая особенность зеленых насаждений выражается в создании городского микроклимата, обеспечивающего комфортные условия внешней среды, защиту городского пространства от пыли, загазованности, шума, вибрации и других неблагоприятных факторов, присущих крупному городу. Вместе с тем, статус культурно-исторического центра мирового значения, применимый к Санкт-Петербургу, придает фактору озеленения города (как важнейшей функции благоустройства) значимую эстетическую роль, делающую его привлекательным не только для постоянных жителей, но и для гостей города [1].

Цель работы – анализ фактора озеленения в благоустройстве территорий Санкт-Петербурга.

Специальными исследованиями выявлено, что достаточное количество зеленых массивов способствует созданию условий наибольшей степени комфорта среды, окружающей человека. Эти параметры можно в значительной степени регулировать при помощи озеленения улиц и дворов города. Также зеленые насаждения способствуют улучшению микроклимата. Недостаток растительности составляет не только эстетическую проблему (когда весь город превращается в однообразную серую массу), но и проблему экологическую, когда малое количество зеленых насаждений самым негативным образом отражается на местном микроклимате и уровне экологии. Важную роль зеленые насаждения играют в формировании архитектурной среды города. Это имеет прямое отношение к экологии и эстетике среды обитания человека. Грамотный подбор сортов зеленых насаждений по их эстетическим свойствам, воспринимаемым, как правило, на уровне человеческого глаза, позволит воздействовать на подсознание граждан, воспитывая их вкус и культуру.

Основная проблема в развитии городского озеленения (как важнейшего фактора благоустройства городской среды и реализации популярной в мировой практике концепции экогородов) заключается в том, что стоимость земли, занятой строениями и элементами инфраструктуры, существенно выше стоимости земли, занятой зелеными насаждениями.

Поэтому у коммерческих структур, включенных в процесс градостроительной деятельности, возникает соблазн отдать предпочтение выполнению более выгодных работ, связанных со строительством.

Большая Советская Энциклопедия определяет зеленое строительство как систему мероприятий по созданию, сохранению и использованию зеленых насаждений для улучшения условий жизни населения, которая предусматривает создание парков, садов, скверов, бульваров, газонов и других структурных элементов, формирование новых зеленых массивов, реконструкцию и обновление существующих насаждений при максимальном сохранении природных ландшафтов. В комплексе Российского зеленого строительства выделяют озеленение населенных пунктов, ландшафтную архитектуру, садово-парковое искусство. Л.Б. Лунц выделяет зеленое строительство как часть современного градостроительства [2].

В Санкт-Петербурге вопрос зеленого строительства наиболее актуален в аспекте рассмотрения состояния озеленения городской территории. Общая площадь зеленых насаждений и уличного озеленения составляет 7,3 тыс. га. В настоящее время его общая озелененность составляет 41%. В городе и пригородах 86 парков площадью 3,4 тыс. га, более 130 садов и 1600 скверов (их площадь суммарно превышает 1,8 тыс. га). Отметим, что в Стратегии-2030 в подразделе «Повышение качества городской среды» раздела «Целевые показатели социально-экономического развития Санкт-Петербурга» отсутствуют конкретные показатели, характеризующие долю зеленых насаждений, приходящихся на одного жителя. Сегодня в центре Петербурга на каждого жителя приходится менее пяти квадратных метров зеленых насаждений.

К сожалению, согласно Лесному плану Ленинградской области, площадь зеленой зоны Санкт-Петербурга уменьшается на 97% (с 732,2 га до 23,0 га). Большая часть бывших лесов зеленой зоны относятся к «ценным» лесам, с более слабым правовым ресурсом охраны, чем у лесопарков и зеленых зон. Статус особо охраняемых природных зон предоставлен 15 территориям, которые занимают 4% от площади города [3]. Планируется, что в число особо охраняемых природных территорий в ближайшее десятилетие войдет парк «Сосновка», Пухтолова гора, Левашовский лес, озера на проспекте Тореза, парки «Отдельный» и «Баболовский» и еще несколько территорий. Предлагается исключить из перечня зеленых территорий 10 зон общего пользования площадью 24 га. И включить в перечень 15 новых скверов общей площадью 14 га.

В сфере садово-паркового хозяйства функционируют преимущественно государственные унитарные специализированные садово-парковые предприятия. При этом в целях повышения эффективности данных предприятий настоятельно требуется совершенствование их организационно-экономического механизма, прежде всего, в части гарантированного обеспечения финансирования работ по озеленению городской территории. При этом главной проблемой здесь выступает ограниченность финансовых ресурсов, не позволяющая увеличивать темпы работ по озеленению города [4]. В значительной мере проблема финансирования обусловлена тем, что в секторе использования бюджетных средств расходы на озеленения остаются после затрат на ремонт и благоустройство дорог и сооружений, то есть используются по остаточному принципу. Проблема может быть решена если будут закреплены в административном регламенте затраты на озеленение в виде обязательной доли от общих затрат на реализацию инвестиционного строительного проекта.

Поскольку в ряде застроенных районов центра города, ввиду плотной застройки, узости пространства, занимаемого улицами и тротуарами, традиционное придомовое озеленение ограничено, то при должной адаптации можно воспользоваться опытом старых городов Европы, касающегося так называемого вертикального озеленения с использованием ампельных растений и других решений, сочетающих элементы архитектуры и озеленения. В проекты вертикального озеленения входит также озеленение балконов, мансард, крыш домов.

В частности, в Санкт-Петербурге в настоящее время реализуется пилотный проект формирования «экокоридора» в виде сплошного (без промежутков) озеленения Московского проспекта. Имеются перспективные пространства для подобных решений и в развитии других районов мегаполиса [5, 6].

Выводы: Крупные зеленые массивы должны быть тесно связаны с застройкой переходными звеньями (зелеными полосами, широкими бульварами), дополняться садами и малыми парками, расположенными среди жилой застройки, и образовывать общий зеленый фон города. Необходимо включить критерий баланса площади озеленения на одного жителя города. Увеличить раза в 2-3 количество озелененных общественных мест, ориентируясь на европейские стандарты и планы европейских городов, с целью формирования нового качества городской среды. Проводить мониторинг для уточнения динамики зеленых насаждений в пределах города с использованием метода систем на базе спутниковых фотографий. Необходим особый подход к благоустройству и озеленению территорий развивающейся городской застройки в центральных районах, в условиях ограничения возможностей горизонтального озеленения использовать вертикальное озеленение города.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Марченко М.Н., Давыдова Я.А. Современные способы озеленения в ландшафтном дизайне // Молодой ученый. 2016. №12. С. 977-980.
2. Лунц, Л.Б. Городское зелёное строительство / Л.Б. Лунц. М., 1974. С. 9.
3. Экологическая ситуация в Санкт-Петербурге, 2017 [электронный ресурс]// Зеленые насаждения и охраняемые территории [сайт]. URL: <https://78.house/wiki/ehkologija-sankt-peterburga/> (дата обращения: 10.10.2017).
4. Панчук А.А. Благоустройство и озеленение городской среды в формирующейся Санкт-Петербургской агломерации // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 570.
5. Панчук А.А. Проблемы и перспективы озеленения крупных городов России: экономические, экологические и социальные аспекты (на примере Санкт-Петербурга) // Вестник Российской академии естественных наук. 2015. 19(2). С.48-51.
6. Резник М., Максименко А. Озеленение городов в условиях плотной городской застройки // Строительство и техногенная безопасность. 2015. №1 (53). С. 12-14.

УДК 69.05

А.С. Жирнова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НОВОЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАБРОШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЧЕРТЕ ГОРОДА

Введение. В наши дни наблюдается тенденция быстрого роста городских территорий; при этом города значительно наращивают свою полезную площадь за счет прилегающих к городу территорий. В то же время многие города имеют депрессивные зоны, образованные неиспользуемыми промышленными территориями. Отсутствие работ по реконструкции, модернизации и изменению условий использования таких территорий приводит к невозможности рационального использования территорий, вследствие чего образуются разрывы в структуре городской среды.

Цель работы – исследование функционального использования заброшенных промышленных городских территорий.

На территории города Санкт-Петербурга расположено более 60 промышленных зон, а на долю промышленных зон в Москве приходится около 16% территории города, при этом многие из этих промышленных территорий являются заброшенными, а, следовательно, имеют перспективы для редевелопмента данных неиспользуемых промышленных зон (рис. 1) [1].

В проведенных исследованиях, представленных в статье «Современные тенденции нового использования исторических промышленных объектов», Чайко Д.С. была получена общая картина, связанная с функциональным перепрофилированием сложившаяся в крупных городах (рис. 2). Было рассмотрено существующее положение различных новых функций промышленных предприятий в различных частях города. Для исследования были взяты такие города, как Москва, Санкт-Петербург и Лондон. Всего в исследовании принимали участие 50 промышленных объектов. Некоторые, из которых уже были реконструированы, для некоторых существовало лишь проектное предложение [2].

Территории рассматриваемых городов, исходя из их исторического развития, были условно обозначены определенными зонами с цифровым значением. Так в состав Зоны I вошли: территория Москвы в пределах Садового кольца; территория со статусом охранной зоны в Санкт-Петербурге; Историческое ядро (City, Westminster) в Лондоне. В состав Зоны II вошли: территории от Садового кольца до третьего транспортного в Москве; Зона регулирования застройки и хозяйственной деятельности центральных районов Санкт-Петербурга (ЗРЗ 1); Лондонское графство, территория в пределах внутреннего дорожного кольца в Лондоне. А Зону III представляют территории от третьего транспортного кольца до МКАД для Москвы; Зона регулирования застройки центральных районов Санкт-Петербурга (ЗРЗ 2); территории от внутреннего дорожного кольца в Лондоне к периферии города до его границ [2].



Рис. 1. Промышленные территории Санкт-Петербурга, пригодные для реновации [1]

Из графиков на рис. 2 видно, что существует тенденция в придаче центру города культурных, досуговых и деловых функции. Такие функции, как жилье, образование, промышленность набирают свое значение лишь при удалении от исторического центра города. То есть, здесь прослеживается стремление предать этим районам статус селитебных территорий, сделать их местом для жилья. Несмотря на то, что некоторые промышленные объекты не обладают исторической и художественной ценностью, они, тем не менее,

привлекают поток людей за счет необычной и запоминающейся архитектуры [2]. Из этого можно сделать вывод, что редевелопмент даже таких объектов является очень выгодным для развития города.

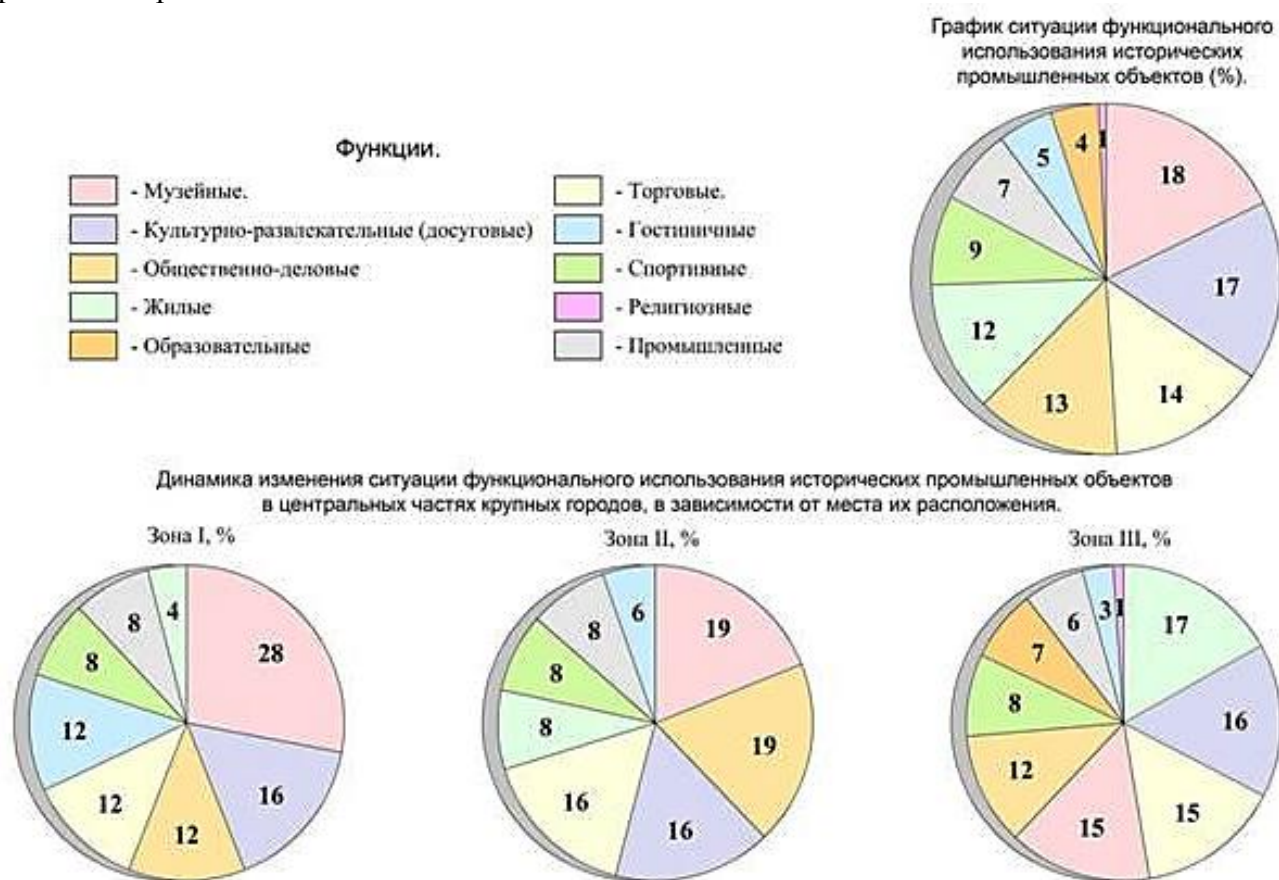


Рис. 2. Графики с результатами исследования функционального использования промышленных объектов в городской среде в зависимости от места их расположения [2]

Не вызывает сомнений, что изменение функционального использования заброшенных городских промышленных зон и проведение редевелопмента данных территорий позволит органично вписать ранее нерационально использовавшиеся земельные участки в структуру городской среды. В свою очередь, включение данных территорий в городскую среду позволит избавиться от депрессивных кварталов, снизить уровень безработицы за счет создания новых рабочих мест, улучшить экологию, создать новые центры общественного притяжения, а также улучшить иные экономические и социальные показатели района и города [3-7].

Однако существует ряд проблем, связанных с преобразованием неиспользуемых промышленных территорий и внедрением их в городскую среду [4]. Одной из основных преград, препятствующих быстрому и качественному проведению редевелопмента неиспользуемых промышленных зон, является отсутствие четкой методики проведения данных работ. Отсутствие системы конкретных мероприятий, необходимых при проведении редевелопмента неиспользуемых промышленных предприятий, ведет к тому, что сам процесс редевелопмента замедляется и возникает вероятность принятия неверных решений и нарушения технологии производства работ, которых можно было бы избежать, имея разработанную и уже опробованную ранее методику проведения данных работ.

Результаты и выводы. Важное место в рекомендациях по проведению редевелопмента на неиспользуемых промышленных территориях должно быть отведено проблеме загрязнения почв и промышленных объектов, расположенных на рассматриваемых территориях, а также

обременениям, принадлежащим данным территориям. Также в рекомендациях необходимо указать параметры исходных земельных участков и итоговые характеристики территорий (после изменения функционального назначения) для выявления взаимосвязи между ними, что позволит сократить время выбора земельных участков, занятых неиспользуемыми промышленными объектами, для последующего проведения на них работ по изменению их функционального назначения и последующего интегрирования их в структуру городского пространства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. РСМ группа компаний Обзор рынка промышленных земельных участков в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс] URL: <http://pmc-appraisal.ru/> (дата обращения 17.10.2017).
2. Чайко Д.С. Современные тенденции нового использования исторических промышленных объектов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №3-5 (45). С. 47-52.
3. Король Е.А. Анализ состояния и тенденций градостроительной деятельности в реализации проектов реконструкции и реновации промышленных зон Москвы // Недвижимость: экономика, управление. 2014. С. 48-51.
4. Жирнова А.С., Баденко В.Л. Редевелопмент неиспользуемых промышленных зон, расположенных в черте города // Научные основы современного прогресса. 2016. С. 81-85.
5. Цветков В.А., Кулыгин В.Д. Депрессивные промышленные районы. Новая жизнь // Ученые записки Российской Академии Предпринимательства. 2013. № 37. С. 190-196.
6. Снитко А.В. Возможности реконструкции исторических промышленных предприятий как общественно-производственных комплексов // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 8. С. 30-31.
7. Возьмищева Н.В., Грахов В.П. Реконструкция промышленных зданий в торговые площади // Проблемы и достижения строительного комплекса: Труды Международной научно-технической конференции «Стройкомплекс-2013». 2013. С. 147-150.

УДК 691

О.С. Скворцова, Д.А. Федосеев, И.О. Бизяева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ ВЕЛОКС (VELOX) В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Введение. Строительство малоэтажных жилых объектов набирает все большую популярность и поддерживается государственными программами как на федеральном уровне, так и на уровнях субъектов РФ и муниципальных образований. Малоэтажное жилищное строительство рассматривается как одна из возможностей решения жилищной проблемы или улучшения жилищных условий для населения [1]. Строительная технология VELOX является комплексной системой и включает в себя унифицированный набор типовых конструктивных элементов промышленного изготовления [2].

Цель работы – анализ использования несъемной опалубки ВЕЛОКС (VELOX) в строительстве малоэтажных жилых домов.

Несъемная опалубка стен – две щепоцементные панели VELOX, скрепленные проволочными стяжками. Монтаж опалубки ведется на строительной площадке вручную из панелей стандартного размера 2000х500 мм, но размеры могут быть любыми (в зависимости от проекта). Типовая опалубка фундаментов, стен, перекрытий из щепоцементных плит VELOX выставляется вручную и заполняется бетоном (рис 1.).

Плиты VELOX можно применять не только для нового строительства и реконструкции, но и для архитектурной отделки зданий [2]. Дома, построенные по технологии VELOX, могут иметь любую форму, поскольку эта строительная система позволяет реализовать любые решения архитекторов и проектировщиков без каких-либо ограничений [2]. Использоваться данная система опалубки может в любом регионе России, поскольку толщина плиты может

варьировать (25, 35, 50, 70 и 100 мм) в зависимости от климата, а также панели обладают высоким сопротивлением теплопередаче [3].

В связи с недостаточной распространенностью данной технологии, заказчики часто требуют провести сравнительный анализ теплопроводности стен и определить точку росы при строительстве с использованием несъемной опалубкой Velox и возведении зданий с применением иных строительных материалов.



Рис. 1. Заливка бетона в опалубку

Проведем сравнение для условий Ленинградской области: абсолютная минимальная температура воздуха равна -36°C ; средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца равна 86 % [4].

Согласно [4], в жилых помещениях не допускается влажность воздуха более 60 % (оптимальная величина влажности – не более 45 %). Зададим требуемую влажность в помещении 40% и температуру $+26^{\circ}\text{C}$.

Для сравнительной оценки выбраны четыре варианта наружных стен, наиболее популярных в практике индивидуального малоэтажного домостроения:

- 1) стены с применением строительной системы VELOX (ВЕЛОКС);
- 2) стены из бруса с использованием эффективного утеплителя;
- 3) стены из газобетона марки D400 с использованием эффективного утеплителя;
- 4) стены с применением древесно-цементного композитного материала по классификации [5].

По технологическим и экономическим показателям выявлены наиболее эффективные и экономически выгодные варианты конструкции стены для малоэтажного жилого здания в условиях Ленинградской области. Расчеты выполнены в соответствии с [6].

Для теплотехнического расчета первого варианта приняты следующие характеристики слоев материалов стены: первый слой – штукатурка толщиной 0,03 м, плотностью 2100 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности $0,698 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$; второй слой – щепоцементная плита толщиной 0,07 м, плотностью 670 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности $0,11 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$; третий слой – монолитный железобетон толщиной 0,15 м, плотностью 2500 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности $2,04 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$; четвертый слой – экструдированный пенополистирол марки URSA XPS N-III толщиной 0,1 м, плотностью 35 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности $0,033 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$.

Для теплотехнического расчета второго варианта: первый слой – ориентированно-стружечная плита OSB толщиной 0,0125 м, плотностью 650 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности $0,13 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$; второй слой – брус толщиной 0,2 м, плотностью 500 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности $0,14 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$; третий слой – утеплитель толщиной 0,07 м, плотностью 90 кг/м^3 с

коэффициентом теплопроводности $0,035 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$. Стальной сайдинг не учтен в теплотехническом расчете, так как термическое сопротивление этого слоя ничтожно мало.

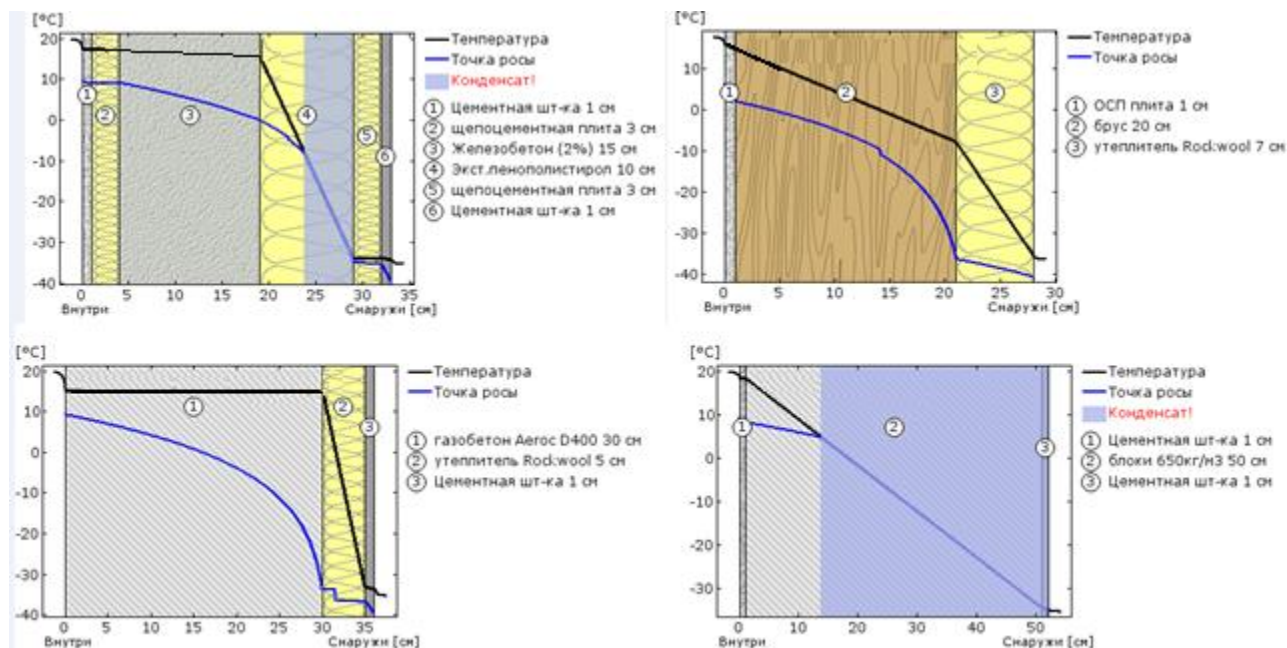


Рис. 2. Изменение температуры по толщине стены, а также положение точки росы

Для третьего: первый слой – газобетон Аегос марки D400 толщиной $0,3 \text{ м}$, плотностью 400 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности $0,13 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$; второй слой – утеплитель Rockwool ФАСАД БАТТС толщиной $0,05 \text{ м}$, плотностью 130 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности $0,037 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$; третий слой – штукатурка толщиной $0,015 \text{ м}$, плотностью 2100 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности $0,698 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

Для теплотехнического расчета приняты следующие характеристики слоев материалов стены: первый слой – штукатурка толщиной $0,03 \text{ м}$, плотностью 2100 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности $0,698 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$; второй слой – блоки из древесно-цементного композитного материала толщиной $0,5 \text{ м}$, плотностью 650 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности $0,13 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

Результаты расчета изменения температуры по толщине стены представлены на рис. 2. Анализируя полученные графики, можно сделать *вывод*, что первые три технологии вполне удовлетворяют комфортному состоянию жилого помещения. Точка росы в стене, созданной по технологии Velox, находится в слое утеплителя, следовательно, конденсат на внутренней поверхности не будет образовываться. Поэтому основным при выборе технологии строительства здания с использованием материалов, прошедших по теплотехническому расчету, является экономическая выгода и архитектурные возможности того или иного материала. Сравнительный анализ рынка строительных материалов показал выгодность возведения домов по технологии Velox.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кузьменков А.А., Емельянова Е.Г. Тенденции развития жилищного строительства в Республике Карелия // Фундаментальные исследования. 2013. № 8 (часть 1). С. 154-158.
2. rostro-velox [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rosstro-velox.ru/articles/view/61> Дата обращения: (09.10.2017).
3. lider-velox [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lider-velox.ru/technology/> Дата обращения: (09.10.2017).

4. СНиП 23-01-99* Строительная климатология.
5. ГОСТ Р 54854–2011. Бетоны легкие на органических заполнителях.
6. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий.

УДК 629.039.58

О.С. Скворцова, Т.А. Сергеева
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Введение. Гидротехнические сооружения являются объектами повышенной опасности. Аварии на таких сооружениях могут привести к затоплению близлежащих районов, что, в свою очередь, приведет к большим материальным, социальным и экологическим ущербам [1]. Поэтому существенное значение имеет обеспечение безопасности гидротехнических объектов во время их строительства и эксплуатации.

Цель работы – оценка риска аварий гидротехнических сооружений (ГТС).

При оценке опасности конкретных сооружений используется термин «риск» или «степень риска» [2]. В соответствии с методическими указаниями [3] риск аварий ГТС – это мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии сооружения, и тяжесть ее последствий для здоровья, жизни людей, имущества и окружающей среды.

Методология анализа риска аварий сложных технических систем широко применяется в ряде отраслей промышленности. Однако процедура анализа и оценки риска аварии значительно затруднена для ГТС, поскольку необходимо учитывать разнообразную по характеру и полноте исходную информацию, такую как: природно-климатические и социально-экономические условия районов, где располагается ГТС; а также условия их эксплуатации. Все виды аварий, происходящих на плотинах и дамбах, совершенно не похожи на аварии в промышленности. Также большую роль играет человеческий фактор, который не поддается аналитическому моделированию и является одним из главных причин аварий [3].

Анализ риска в обязательном порядке должен включать три основных стадии [4, 5].

1. Идентификация опасностей – выявление всех возможных нежелательных явлений, процессов и событий, способных привести к аварии анализируемого сооружения; по результатам идентификации опасностей разрабатывается перечень сценариев аварий, возможных на сооружениях.

2. Анализ частоты – оценка (качественная и/или количественная) среднегодовой вероятности реализации выявленных на предыдущей стадии нежелательных явлений, процессов и событий, а также основных сценариев аварий, возможных на сооружениях.

3. Анализ последствий – оценка (качественная и/или количественная) ущерба от возможных аварий на гидротехническом сооружении, наносимого персоналу, населению, имуществу и окружающей среде.

Качественный анализ заключается в выявлении и идентификации возможных видов рисков. При этом необходимо описать и дать стоимостную оценку всех возможных последствий, а также предложить мероприятия по минимизации и компенсации этих последствий. Данные этого анализа служат исходной информацией для количественного анализа, который позволяет определить размеры отдельных видов и всего риска в целом. Результаты анализа риска аварий ГТС позволяют получить объективную информацию о состоянии сооружения и уровне его безопасности, о процессах, которые наиболее опасны для сооружения [2].

Порядок проведения анализа риска включает в себя четыре этапа [2, 4, 5].

I. Организация и планирование работ. На этом этапе происходит описание ГТС (местоположение, данные об уже имевшихся авариях и т.д.), определение причин аварии,

подпор экспертной группы, а также постановка целей анализа риска с учетом исходных данных, финансовых ресурсов и др.

II. Идентификация опасностей.

III. Оценка риска.

Из обзора литературы, касающейся вопросов оценки безопасности ГЭС, и определения числа и вероятности возможных аварийных ситуаций на этих объектах можно выделить следующие применяемые для ее решения методы [1].

а) Детерминированный метод, основанный на расчетах методом предельных состояний (этот метод не позволяет учитывать возможные случайные, экстремальные воздействия).

б) Вероятностный подход. Он основан на детерминированном методе предельных состояний с учетом случайного разброса как параметров материалов, так и возможных воздействий и нагрузок. Основным недостатком такого подхода является существенный недостаток исходных данных для определения функций распределения случайных величин. Это приводит к тому, что на практике за такую функцию часто принимают нормальный закон распределения, что, очевидно, далеко не всегда совпадает с действительностью.

в) Метод статистического анализа. В основе этого метода лежит определение количества осуществившихся аварийных ситуаций в отношении к числу рассмотренных объектов и сроку их службы. В результате получается количество, определяющее частоту реализации аварийных ситуаций на одном объекте в год. Для ГЭС это количество составляет от 10^{-2} до 10^{-5} случаев аварийных ситуаций в год.

г) Экспертный метод. В основе его лежит использование знаний и опыта экспертов для оценки риска аварийной ситуации на ГЭС. Однако, практически во всех случаях (кроме работы [6]) для обработки мнения группы экспертов не применяется логико-математический аппарат метода экспертных оценок для выработки единого, обобщенного результата. Это, в конечном счете, приводит к тому, что результат ответственного решения определяется только одним экспертом.

IV. Разработка рекомендаций по уменьшению риска.

В работе [1] наиболее эффективным считается метод, основанный на комплексном объединении трехмерного, статистического анализа реально осуществившихся аварийных ситуаций и экспертной оценки.

Результаты. Методы для проведения анализа риска должны выбираться с учетом типа, назначения ГТС, характером опасностей, наличия ресурсов (временных и финансовых) и др. [3]. Существует довольно большое количество таких методов [7]. Один из наиболее наглядных методов – это метод анализа с помощью так называемого «дерева событий» [1]. Оно будет включать в себя все возможные процессы и потому будет очень «ветвистым». Так, например, автором работы [1] был получен результат 7106, который означает все возможные реальные сценарии аварийные ситуации.

Из анализа источников видно, что почти отсутствуют сведения о результатах оценки вероятности аварий, полученных при сравнении результатов различных методик [2]. Полученные данные могут в значительной степени различаться, что приведет к неэффективному использованию средств при ремонте сооружения, а в дальнейшем – к новым авариям.

Выводы. Таким образом, хотя и существуют различные методы оценки риска аварий, пока нет такого способа, с помощью которого можно со 100% вероятностью определить риск аварии. Такие методы определяют лишь общие закономерности вероятностей реализации сценариев аварийных ситуаций на любых ГЭС и не учитывают уникальных особенностей каждого конкретного объекта [1, 8]. Известно, что выявить статистические закономерности аварийных ситуаций на конкретном объекте невозможно. Поэтому необходимо дополнять информацию об общих закономерностях данными, полученными из других методов, чаще всего это – экспертная оценка [1]. А, следовательно, остается вопрос об обеспечении безопасности на гидротехнических сооружениях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сковцова О.С. Методика экспертно-статистической оценки реализации сценариев аварийных ситуаций на ГЭС: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Сковцова Ольга Станиславовна, ОАО «Ленинградпроект». Санкт-Петербург, 2002 г. 17 с.
2. Волков В.И., Добровольская Е.В. Анализ результатов оценки риска аварий гидротехнических сооружений, полученных по различным методикам // Природообустройство. 2015. №2. С. 39-44.
3. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений. 2-е издание/ Под ред. Е.Н.Беллендира, Н.Я.Никитиной. СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». 2005.
4. Арефьев Н.В., Добрынин С.Н., Тихонова Т.С. Системный анализ возможных сценариев отказов элементов ГЭС при оценке энергетических потерь в результате аварийных ситуаций // Материалы международной НПК «Технология энергосбережения, строительство и эксплуатация инженерных систем», СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000 г. С. 21-23.
5. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений. СТП ВНИИГ 230.2.001-00/ Под ред. Е.Н. Беллендира, С.В. Сольского, Н.Я. Никитиной. СПб.: ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». 2000.
6. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. РД 03-418-01. Утверждены Постановлением №30 Госгортехнадзора России от 10.07.2001.
7. Добрынин С.Н., Тихонова Т.С. и др. Информационно-аналитическое обеспечение системы надежности и безопасности ГТС ГЭС // Гидротехническое строительство. 1994. №2.
8. Иванов А.В., Акимов Л.А., Лисицкий В.Н. и др. Методические основы анализа и оценки риска аварий гидротехнических сооружений (ГТС) накопителей жидких промышленных отходов // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. №8(21). С. 17-21.

УДК 626.8

О.С. Сковцова, О.М. Каскелайнен, В.А. Земба, Е.П. Бобков
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПРОБЛЕМА РЕНОВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Введение. Экономика Санкт-Петербурга является пятой среди субъектов Российской Федерации по объему валового регионального продукта. Основа промышленности Санкт-Петербурга – тяжелая индустрия, которая создает серьезную нагрузку на экологию города. Поэтому оздоровление деятельности промышленных предприятий является одной из наиболее актуальных задач, стоящих перед органами власти всех уровней, и в том числе – Администрации Санкт-Петербурга.

Цель работы – исследование проблемы реновации промышленных зон Санкт-Петербурга.

Исторически почти все промышленные предприятия расположены на территории города (рис. 1). На этих предприятиях работает до 40 % населения Санкт-Петербурга. По данным Комитета по земельным ресурсам и землеустройству Санкт-Петербурга, площади города, занимаемые промышленностью, вдвое превышают площадь жилой застройки. Территория промышленных зон характеризуется значительной загрязненностью, что ухудшает качество жизни горожан. В связи с большой плотностью движения и количеством людей следует перенести промышленные зоны из центра Санкт-Петербурга, а для большинства промышленных территорий, не находящихся в центре города, следует провести реновацию.

Термин реновация трактуется как адаптация существующего объекта за счет изменения функционального назначения здания, сооружения, комплекса для дальнейшего его использования. Целесообразность реновации, внедрения альтернативных функций обуславливают социальные, экономические, психологические, исторические и эстетические факторы [1]. При отказе от промышленного использования территории предусматривается

снижение негативного воздействия на состояние окружающей среды. Особый интерес представляет приспособление бывших фабрик и заводов под жилье. Здесь возникает понятие лофт, связанное с джентрификацией территорий США, прежде депрессивных: в 30-40-х годах XX века в Нью-Йорке пустующие промышленные и складские здания начали сдаваться в аренду как жилые. В связи с особенностями менталитета, в нашей стране предпочтительней использовать бывшие промышленные здания в качестве офисных центров, магазинов, различных культурных центров. Это решит, как задачу экологической разгрузки территории, так и задачу нехватки свободных земель в наиболее востребованных центральных районах города. Рассмотрим возможные способы реновации промышленных зон Санкт-Петербурга.

Одним из способов является перенос предприятий за черту города. Особенно важно это в рамках изменившейся за последние годы налоговой политики в части земельной собственности. Исследование карты (рис. 1) промышленной застройки показывает, что наиболее престижные районы города (Адмиралтейский, Василеостровский, Петроградский, Московский) особенно нагружены устаревшими промышленными предприятиями. В центральной части города, на территории, самой привлекательной для инвесторов, находится около 200 крупных и средних промышленных предприятий [1, 2].

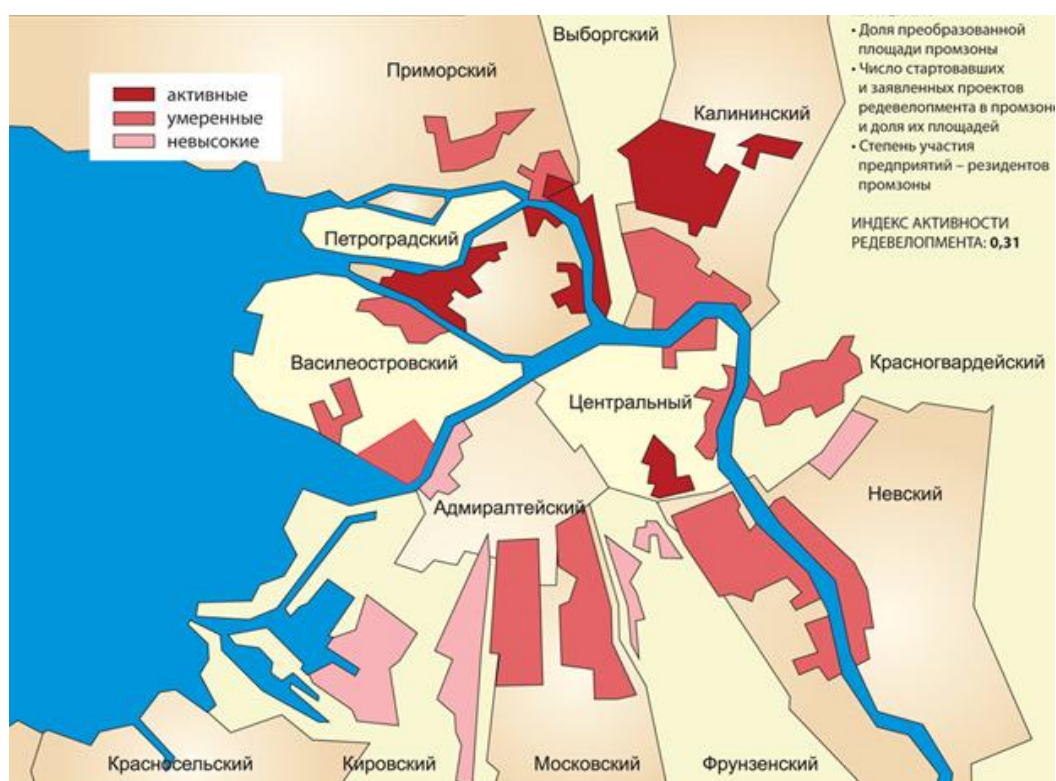


Рис. 1. Темпы преобразования промзон

Вывод этих организаций за городскую черту позволит улучшить экологическую обстановку, повысит инвестиционную привлекательность районов, а заодно будет толчком к обновлению технологий на выводимых предприятиях. Однако, районные администрации не всегда поддерживают вывод производственных мощностей за пределы своих районов, так как лишаются значительной части налоговых поступлений.

В этом случае возможно применение второго способа: реконструкции уже существующих в городе промышленных зон. Такой способ предполагает модернизацию предприятий, повышение уровня безопасности промышленных объектов, усиление кооперации между крупными, средними и малыми промышленными предприятиями,

совершенствование условий промышленного труда, увеличение инвестиций в промышленность, увеличение конкурентоспособности предприятий [3].

Третьим способом является сочетание выноса предприятий за город и их реконструкция. В таком случае судьба предприятия должна решаться в зависимости от его типа, размера, развитости, безопасности, экологии и текущего расположения [4]. Сочетание этих двух способов является оптимальным, так как каждое предприятие уникально по своему расположению, типу и т.д. Комбинирование двух способов позволит экономить деньги, преобразовывать город, увеличивать конкурентоспособность предприятий и развивать их.

Результаты. Существует несколько направлений, методов и приемов адаптации индустриального наследия города Санкт-Петербурга к современному контексту города. Будущее промышленной архитектуры заключается в ее приспособлении к стремительно развивающимся технологиям, что достигается реконструкцией промышленных зон либо заменой их функционального назначения. Различные архитектурно-композиционные приемы позволяют адаптировать и гармонизировать промышленные объекты к структуре активно развивающегося современного города.

Но следует отметить, что реновация земель должна идти с одновременной их рекультивацией, так как уровень химического и радиационного загрязнения территорий промышленной застройки очень высок (Табл. 1).

Таблица 1

Загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами по районам

Районы Санкт-Петербурга	Наиболее загрязненные	Наименее загрязненные
Адмиралтейский	+	
Петроградский	+	
Василеостровский	+	
Красногвардейский	+	
Колпинский	+	
Кронштадтский		+
Петродворцовый		+
Красносельский		+

Вывод. Прослеживается закономерная корреляция между площадью промышленной застройки и степенью химического загрязнения. Использовать такие территории под жилое строительство и ландшафтное обустройство без специальных мер по снижению концентрации опасных веществ нельзя [3-5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дрожжин Р.А. Реновация промышленных территории // Вестник Сибирского государственного индустриального университета.
2. «Заводы – за город?»: <http://www.cprfspb.ru/>
3. Аслаханов А.Н., Данилина Н.Ю., Терлеев В.В., Волкова Ю.В. Определение критериев эффективности рекультивации земель // В сборнике: Политехническая неделя в Санкт-Петербурге: Материалы научного форума с международным участием. 2016. С. 335-337.
4. Арефьев Н.В., Волкова Ю.В. Ландшафтное планирование и рекультивация земель при разработке территориальной политики развития региона // В сборнике: Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем. 2006. С. 247-248.
5. 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. ИСИ. 2015. С. 189-191.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОМОВ НА ВСПЛЫВАЮЩЕМ ОСНОВАНИИ

Введение. С каждым годом в мире возрастает потребность в строительстве жилых домов. В поисках новых площадей для строительства люди начинают использовать пойменные территории. Однако в этих зонах часто наблюдаются периодические подтопления и затопления. В связи с этим возникла потребность в разработке новых технологий строительства домов, которые могли бы быть защищены от повреждений при наводнениях. Одной из подобных технологий являются дома на всплывающем основании.

Цель работы – анализ перспектив использования домов на всплывающем основании.

Впервые разрабатывать дома на всплывающем основании начали голландские архитекторы. Практическое применение данные дома получили в 2005 г. в деревне Маасбommel. Главной угрозой, с которой сталкивается Маасбommel, являются речные наводнения. Для решения этой проблемы голландское правительство предоставило строительной фирме Dura Vermeer 15 участков, где их проектировщики могли использовать «адаптивные строительные технологии». Конструкция Dura Vermeer – это дома, которые могут адаптироваться к изменениям уровня воды. В отличие от плавающих домов-барж, которые при сильных ветрах и наводнениях могут оторваться от доков, дома на всплывающем основании находятся в кессонах, которые не дают сместиться дому в горизонтальном направлении [1].

Конструкция дома на всплывающем основании состоит из трех основных частей: кессона, в котором находится дом, основания, состоящего из понтонов из железобетона, пустое пространство которых заполнено полиуретаном, и каркасного дома. Кессон представляет собой заглубленное железобетонное сооружение по внутренним размерам несколько превышающее размеры дома. Глубина кессона составляет 4,5-5,0 м. В кессоне имеется заглубление для установки откачивающих устройств. Всплывающее основание в зависимости от размеров и массы дома может быть от одного до двух метров высотой. Наиболее рациональной конструкцией дома является каркасная или сборно-щитовая с использованием современных утеплителей. Это позволяет значительно уменьшить вес конструктивных элементов здания и как следствие уменьшить необходимый размер всплывающего основания.

Особо сложной проблемой для данной конструкции являются системы обеспечения. Всплывающие дома невозможно обеспечить системами коллективного теплоснабжения, а для обеспечения здания водоснабжением и канализацией необходимо применять нестандартные устройства. В Голландии используется система автоматического отсоединения труб водоснабжения и канализации при подъеме дома. На территории России наиболее рационально использовать специальное устройство, состоящее из двух прямых подвижных участков и гибких соединений (специальные фитинги) (рис. 1). У данной конструкции есть ряд плюсов: во-первых, она состоит из элементов, массово производимых на территории нашей страны; во-вторых, она позволяет обеспечивать дом необходимыми системами обеспечения в периоды наводнений.

Рассмотрим положение, когда дом находится в кессоне. Условно примем, что в доме находится одна мойка, ванна, умывальник, унитаз, тогда максимальный расчетный расход воды составит примерно $q = 0,7$ л/с. Рекомендуемая скорость для подводящих трубопроводов $V = 1,5$ м/с [2].

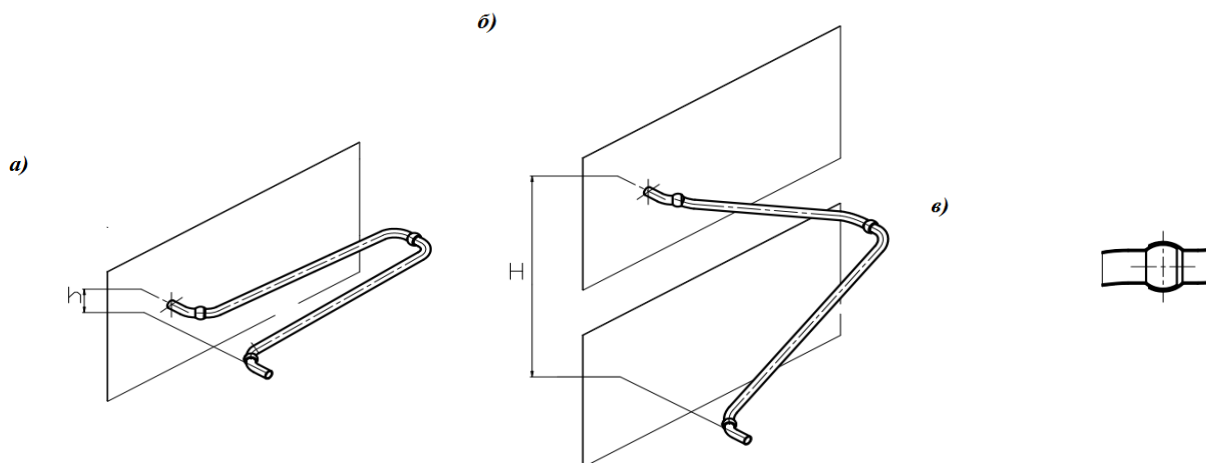


Рис. 1. Устройство для водоснабжения и отвода канализационных вод:
а – в исходном состоянии; *б* – в положении всплытия; *в* – шаровое соединение

Длина всех труб данного устройства определяется по формуле:

$$l = 2l_{\text{пр.уч.}} + 2\pi R, \quad (1)$$

где $l_{\text{пр.уч.}}$ – длина прямого участка устройства (принята 3 м), R – радиус поворотов труб (принят 0,3 м).

$$l = 2 \cdot 3 + 2 \cdot 3,14 \cdot 0,3 = 8 \text{ м.}$$

По таблице 1 для гидравлического расчета труб Ф.А. Шевелева [3]: при $q = 0,7$ л/с диаметр трубы составляет $d = 25$ мм, уклон $1000 \cdot i = 209,6$.

Потери напора по длине определяются по формуле:

$$h_l = il; \quad (2)$$

$$h_l = \frac{209,6}{1000} \cdot 8 = 1,67 \text{ м.}$$

Потери напора по высоте составляют $h_{\text{выс}} = 0,5$ м, а потери напора на поворотах $h_{\text{пов}} = 0,064$ м [4]. Тогда суммарные потери в устройстве:

$$h_{\Sigma} = h_l + h_{\text{выс}} + h_{\text{пов}}; \quad (3)$$

$$h_{\Sigma} = 1,67 + 0,5 + 0,064 = 2,234 \text{ м.}$$

При максимальном подъеме дома суммарные потери в устройстве определяются по формуле:

$$h_{\Sigma} = h_l + h_{\text{выс}}. \quad (4)$$

Потери напора по длине остаются прежними, по высоте при полном всплытии дома составят $h_{\text{выс}} = 3,0$ м, в связи с уменьшением углов поворотов местными потерями напора на них можно пренебречь:

$$h_{\Sigma} = 1,67 + 3 = 4,67 \text{ м.}$$

По СНиП 2.04.2-84 [5] напор на входе в здание должен быть не менее 10 м и 4 м на каждый этаж. Таким образом, для двухэтажного дома на всплывающем основании напор, поступающий в устройство, должен составлять не менее 16,232 м в положении, когда дом стоит в кессоне и 18,67 м при всплытии дома.

Диаметр канализационных труб принимаем стандартный $d = 110$ мм. По СНиП 2.04.2-85* [3] минимальный уклон для безнапорного движения жидкости по трубопроводу должен быть $i = 0,002$. Для устройства по водоснабжению и отведению сточных вод уклон определяется по формуле:

$$i_y = 0,25/l_{\text{пр.уч.}} \quad (5)$$

$$(i_y = \frac{0,25}{3} = 0,083).$$

При максимальном подъеме уклон определяется по формуле:

$$i_y = 3/l_{\text{пр.уч.}} \quad (6)$$

$$(i_y = \frac{1,5}{3} = 0,5).$$

Таким образом, нормы по отведению сточных вод выполняются.

Не менее важной деталью данной дома являются защитные приспособления, предохраняющие кессон от атмосферных осадков, представляющие собой специальные карнизы, закрывающие пространство между стеной дома и краем кессона.

Результаты. В нашей стране основными территориями, на которых обосновано строительство домов на всплывающем основании являются поймы и дельты рек. В России ежегодно происходит 40-70 крупных наводнений. По данным Росгидромета, этим стихийным бедствиям подвержены около 500 тыс. км² [6]. К паводкоопасным территориям в первую очередь относятся части территории бассейнов р. Амура, Енисея, рек о. Сахалина, Забайкалья, Среднего и Южного Урала, Нижней Волги, Северного Кавказа. Немало поводов для опасения и у жителей Калининградской области, если в текущем столетии уровень мирового океана поднимется хотя бы на два метра, то этот регион России станет непригоден для проживания. Серьезные поводы для беспокойства у жителей области есть уже сейчас. В 2016 году серьезно повысился уровень воды в реке Преголе (величина подъема уровня воды у г. Калининграда – 1,5 м), а также многих других крупных реках региона. Специалисты отмечают, что такое повышение уровня воды может стать причиной затопления некоторых регионов. В ближайшие 60 лет Калининградскую область ожидает череда сильных затоплений, в результате которых многие города и регионы могут стать полностью непригодными для жилья. Одним из первых населенных пунктов, который может пострадать от разгула стихии, является поселок Прегольский. Несколько десятилетий назад в Калининградской области была установлена особая система гидрозащиты, разработанная немецкими специалистами. К настоящему времени она практически полностью пришла в негодность, а установка новой системы пока что не входит в ближайшие планы региона [7]. Решением проблем затопления поселка Прегольский может быть строительство домов на всплывающем основании.

Вывод. Несмотря на то, что постройка плавучего дома обойдется на 20-25% дороже, чем возведение обычного дома, снижение потерь от повреждений домов от наводнений и паводков экономически оправдывает их строительство.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Amphibious Houses in Maasbommel [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://resiliency.lsu.edu/portfolio-item/amphibious-houses-in-maasbommel/>.
2. СНиП 2.04.2-85* Внутренний водопровод и канализация зданий.
3. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ, пособие. 6-е изд., доп. и перераб. М.: Стройиздат, 1984. 116 с.
4. Расчет потерь напора воды в трубопроводе [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – 2013. – Режим доступа: <http://stroy-svoimi-rukami.ru/skvazhina/raschet/21/>.
5. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Источник: https://znaytovar.ru/gost/2/SNiP_2040284_Vodosnabzhenie_Na.html.
6. Паводки, наводнения и подтопления в России в 2012-2017 гг. Досье. [Электронный ресурс] информационное агенство России ТАСС – Электрон. дан. – ТАСС Режим доступа: <http://tass.ru/info/4291130http://tass.ru/info/4291130>.
7. Уходящие под воду регионы. Калининградская область. Россия. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.orangesmile.com/extreme/ru/sinking-regions/kaliningrad-region.htm>.

ЛИКВИДАЦИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ВОДОЕМОВ МАЛОГО ОБЪЕМА

Введение. В настоящее время актуальной является проблема временных нежелательных техногенных водоемов небольшого объема. Наиболее часто и являясь наиболее «неудобными», такие водоемы имеют место в следующих случаях: 1) в депрессиях полигонов ТБО; 2) при откачке воды из котлована на рельеф при возведении объектов на территории строительных площадок.

Целью данной работы является разработка предложений по отводу воды из нежелательных небольших водоёмов антропогенного происхождения.

На городских свалках ежегодно скапливаются сотни тысяч тонн бытовых отходов. Разлагаясь, бытовые отходы отравляют воздух, почву и подземные воды, представляя, таким образом, серьезную опасность для окружающей среды и человека [1]. Весьма нежелательными являются и воды, скапливающиеся в понижениях территорий свалок. Насыщенные продуктами окисления органики, они являются источниками дурных запахов и насекомых. Проблема необходимости отвода и очистки таких вод за территорию полигона ТБО представляется весьма актуальной.

В последнее время в связи с интенсификацией жилищного строительства и со стремлением снизить расходы, зачастую воды из котлованов откачиваются не в водоприёмники, а «на рельеф». Последствиями такого свободного излива являются уменьшение несущей способности фундаментов вследствие суффозии грунта. Временные антропогенные водоемы негативно влияют на санитарное состояние территории, её эстетический вид и на возможность свободного перемещения пешеходов и транспорта.

Намывные территории на Васильевском острове уже сегодня представляют собой крупный микрорайон [2]. Но проблема водоотведения на строительных площадках при возведении жилых построек не решена. В частности, на намывной территории Васильевского острова, отведённой под застройку жилого комплекса «Я – Романтик» при разработке котлована объём заполнивших его грунтовых вод был направлен на ландшафт, не предназначенный для открытого водоотлива, что привело к образованию временного водоёма, который требует быстрой ликвидации. Рассматриваемый участок с антропогенным нежелательным водоёмом находится в непосредственной близости Финского залива (рис. 1).

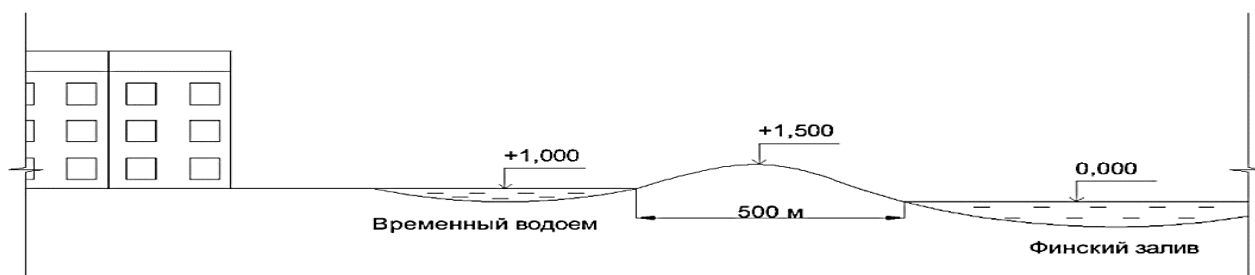


Рис. 1. Схема расположения временного водоема относительно Финского залива

Результаты. Представляется возможным осушение этого и подобных ему временных водоёмов следующими способами: а) сбросом воды самотёком через канаву (канал, траншею) в естественный или искусственный водоприёмник; б) откачкой объёма воды с помощью погружного насоса, забирающего воду из временного водоема и по трубопроводу

сбрасывающего её в естественный или искусственный водоприёмник. Рассмотрим на примере вышеупомянутого объекта оба предлагаемых способа. В качестве водоприёмника назначим Финский залив. Водоисточником является временный водоём объёмом $A = 2000 \text{ м}^3$.

Сброс самотёком через канаву. Примем ширину канала по дну b по условиям производства работ равной 0,5 м. Скорость потока V принята равной неразмывающей для песка ($V = 0,3 \text{ м/с}$) [3]. Применим к расчётам формулу Шези [4]:

$$Q = \omega C \sqrt{RI}, \quad (1)$$

где ω – площадь живого сечения потока, м^2 ; C – коэффициент Шези; R – гидравлический радиус, м; I – продольный уклон угла канала (в рассматриваемом случае принимается как отношение разности минимальной отметки поверхности воды в откачиваемом водоёме и отметки воды в Финском заливе к длине канавы; $I = (1,00 - 0,00)/500 = 0,002$). Коэффициент Шези определяется по формуле:

$$C = \frac{1}{n} \times R^{\frac{1}{6}}, \quad (2)$$

где n – показатель шероховатости русла канала, который определяется по табл. 1 приложение 14 [3]. Принимаем $n = 0,0275$.

По заданной скорости потока $V = 0,3 \text{ м/с}$ обратным путём определим значение гидравлического радиуса потока R . При известном уклоне $I = 0,002$ $R = 0,1 \text{ м}$.

Принимая в первом приближении, что в распластанных руслах гидравлический радиус приблизительно равен средней глубине, получим приблизительное значение площади поперечного сечения $\omega = bR = 0,5 \times 0,1 = 0,05 \text{ м}^2$.

При такой площади и принятой скорости потока расход канала будет равен $Q = 0,3 \times 0,05 = 0,015 \text{ м}^3/\text{с}$. Таким образом, заданный объём временного водотока будет откачан за время $t = A/Q = 2000/0,015 = 133333 \text{ с} = 37 \text{ ч}$.

Цена выемки грунта под канал механизированным способом за 1 м^3 составляет в среднем от 150 руб. Стоимость затрат на разработку рассчитываемого канала составит 83025 руб.

Откачка насосом через трубопровод. Предполагаем, что откачка воды производится стандартным погружным канализационным насосом, подающим расход в трубопровод диаметром $d = 0,05 \text{ м}$. Предполагаем также, что максимальный геометрический напор, преодолеваемый насосом $H_{\text{г}}$ равен 0,5 м (разность между самой высокой точкой местности, по которой проходит трубопровод, и минимальной отметкой поверхности откачиваемого водоёма). Для подбора насоса нужно: 1) расчётные напор и подача насоса, 2) характеристика трубопровода ($Q \div H$)_{тр} в табличной форме.

Для ориентировочного расчёта рабочий напор в трубопроводе может быть принят по формуле:

$$H_{\text{р}} = H_{\text{г}} + \Delta h_{\text{п напора тр.}} \quad (3)$$

где $\Delta h_{\text{п напора тр.}}$ – потери напора в трубопроводе, м. Потери напора в трубопроводе складываются из потерь по длине и местных потерь напора:

$$\Delta h_{\text{д}} = \lambda \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g}, \quad (4)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления; L – длина трубопровода, м; d – диаметр всасывающего трубопровода, м; g – ускорение свободного падения, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{Vd}{\nu}, \quad (5)$$

где $\nu = 1,307 \text{ м}^2/\text{с} \cdot 10^{-6}$ – коэффициент кинематической вязкости. Коэффициент гидравлического сопротивления λ :

$$\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}. \quad (6)$$

Местные гидравлические потери напора рассчитываются по формуле Дарси:

$$h_m = \zeta \frac{V^2}{2g}, \quad (7)$$

где $\zeta = 1$, коэффициент местных потерь напора [3]. Для построения напорной характеристики трубопровода производится расчёт для нескольких значений подачи. Результаты вычислений заносим в таблицу 1.

Таблица 1

Напорная характеристика трубопровода

Q , л/с	V , м/с	Re	λ	h , м	H , м
0,56	0,30	11094	0,030	1,294	1,794
1,11	0,60	21423	0,026	4,176	4,676
1,67	0,80	33282	0,023	8,921	9,421
2,22	1,40	428462	0,022	14,144	14,644
2,78	1,40	54705	0,021	22,014	22,514
3,33	2,00	76511	0,022	45,10	45,6
3,89	2,1	84162	0,019	47,147	47,647

Рассмотрев номенклатуру наиболее часто используемых погружных канализационных насосов, можно констатировать, что при малых подачах, максимальный развиваемый ими напор не превышает 14 м. По данным таблицы такому напору соответствует подача $Q = 2,1$ л/с. Таким параметрам отвечает насос «Дренажник» 220/14. Стоимость такого насоса составляет 4200 руб., а цена за погонный метр резинового напорного рукава составляет 330 руб. Общая стоимость этой осушительной установки составляет: 169200 руб.

Выводы: выбор метода ликвидации воды из временных антропогенных водоёмов должен быть обоснован технико-экономическим сравнением. При определённых гидрологических условиях [5], а также – заданных объёме перекачиваемой воды, уклоне и ширине сбросного канала производится гидравлический расчёт, из которого устанавливаются расход и время опорожнения. Подсчитываются затраты на земляные работы при разработке канала для осушения временного водоёма. При откачке воды насосом строится характеристика трубопровода, по которой подбирается насос и определяется время откачки. Затраты на откачку складываются из стоимости насоса и трубопровода (или их аренды) и стоимости затраченной электроэнергии. Принятие решения об использовании одного из предлагаемых методов принимается на основе экономического сравнения вариантов или исходя из конкретной ситуации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Наука и жизнь, не превратить планету в свалку [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/10577/>. – Заглавие с экрана.
2. Каминская В.И. Особенности проектирования и образования намывной территории под строительство морского пассажирского терминала г. Санкт-Петербурга // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009. Т.1. №12. С. 444-451.
3. СП 100.13330.2011 Мелиоративные системы и сооружения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/871001001>. – Заглавие с экрана.
4. Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Орленко С.Ю. Гидравлический расчет открытых русел и гидротехнических сооружений. Уч. пособ. Краснодар: КГАУ, 2009. – 75 с.
5. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сборнике: XXXVII Неделя науки СПбГПУ. Материалы Всероссийской межвузовской научной конференция студентов и аспирантов. 2008. С. 277-279.

КАНАЛИЗАЦИОННАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ: ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ

Введение. Канализационные насосные станции сооружают в тех случаях, когда рельеф местности не позволяет отводить бытовые и производственные сточные воды, атмосферные воды и осадки самотеком к месту очистки [1]. КНС северо-восточной части города Набережные Челны предназначена для перекачки бытовых сточных вод из восьми жилых районов Нового города в городскую канализационную сеть.

Целью данной работы является разработка рекомендаций для улучшения работы действующей канализационной насосной станции в городе Набережные Челны, а также рассмотрение возможности использования данной канализационной насосной станции для перекачки талых вод от снегоплавильных установок в городскую канализационную сеть.

Здание насосной станции в плане – круглое, разделено на две части: одна является приёмным резервуаром, другая – машинным залом. Приёмный резервуар служит для сбора хозяйственно-бытовых стоков. Его объём соответствует неравномерному притоку сточных вод к насосной станции и оптимальному режиму работы насосов.

Хозяйственно-бытовые стоки проходят по железобетонному самотечному коллектору DN 800 мм, по трём железобетонным лоткам, и через решётки-дробилки поступают в приёмный резервуар насосной станции. Решётки-дробилки представляют собой комбинированные механизмы, совмещающие функции и решёток, и дробилок. Дробление отходов производится в подводящем канале без подъёма из потока [2].

На канализационной насосной станции установлено следующее оборудование:

- моноблочная насосная установка горизонтального исполнения «Иртыш» 3200/400.443-200/4-206 с погружным электродвигателем $Q = 0,22 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 50 \text{ м}$ (2 шт.);
- моноблочная насосная установка горизонтального исполнения «Иртыш» 2000 РБ-206 с погружным электродвигателем $Q = 0,15 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 50 \text{ м}$ (1 шт.);
- моноблочная насосная установка горизонтального исполнения «Иртыш» НФЗ 200/400-200/4 с «сухим» электродвигателем $Q = 0,22 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 50 \text{ м}$ (1 шт.);
- моноблочная насосная установка вертикального исполнения «Иртыш» 2000-НБ-306 с «сухим» электродвигателем $Q = 0,15 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 70 \text{ м}$ (1 шт.);
- моноблочная насосная установка горизонтального исполнения «Иртыш» 2000 НБ-206 с «сухим» электродвигателем $Q = 0,15 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 70 \text{ м}$ (1 шт.);
- насос для откачивания дренажных вод (наружного исполнения) ВКС-1/16 $Q = 0,001 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 16 \text{ м}$ (1 шт.);
- насос для откачивания дренажных вод, погружного исполнения ГНОМ 10-10 Т $Q = 0,003 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 10+1 \text{ м}$ (2 шт.);
- циркуляционный насос для охлаждения погружных насосов «Грундфос» $Q = 0,002 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 12 \text{ м}$ (1 шт.);
- эхолот, прибор дающий информацию об объёме поступающих стоков (1 шт.);
- затвор 1000х1200 мм (3 шт.);
- решётки КРД – 40 М (3 шт.);
- установлена система плавного пуска насосов.

Технологическая схема работы КНС следующая: хозяйственно-бытовые стоки из приёмного резервуара по трубопроводам всасывания DN 300 мм через задвижки с ручным приводом поступают на насосы марки «Иртыш» и по напорному трубопроводу DN 500 мм, через задвижки откачиваются в камеру гашения городской канализационной сети [3].

По мнению авторов, настоящая конструкция КНС имеет следующие недостатки.

1. В составе основного насосного оборудования есть канализационные насосы в «сухом» исполнении, двигатели которых будут разрушены при затоплении КНС (эта ситуация считается вполне реальной, на этот случай и предусмотрены насосы с двигателями в «мокром» исполнении).

2. Для откачивания дренажных вод предусмотрены насосы ГНОМ и ВКС. Кроме их разнотипности, недостатком можно считать и использование вихревого насоса, мало приспособленного для перекачки загрязнённых жидкостей, которые заполняют подземную часть здания КНС при её затоплении.

3. Установленное число насосов и их параметры рассчитаны на бытовые сточные воды от существующей и планируемой жилой застройки. Их производительности может не хватить на перемещение сточной воды от снеготаялок, являющихся весьма перспективным элементом очистки улиц в зимнее время.

Результаты. Авторами предлагается заменить всё основное насосное оборудование по возможности на однотипное, а именно все насосы наружного исполнения заменить на аналогичные установленным насосы погружного исполнения, что значительно упростит эксплуатацию насосной станции, позволит снизить количество обслуживающего персонала и обеспечить надёжность работы станции в аварийной ситуации. Рекомендуется отказаться от ненадёжного дренажного насоса ВКС и заменить его на насос ГНОМ, аналогичный установленному в настоящее время.

Также, учитывая, что Набережные Челны являются крупным городом с населением около 530 тыс. человек, и опираясь на опыт модернизации канализационных насосных станций в других крупных городах России, таких как Санкт-Петербург, Москва, Казань, Новосибирск, Екатеринбург и т.д., можно предложить и дополнительные рекомендации для рассматриваемой КНС в г. Набережные Челны [4-7]:

1. Перевод насосных станций на автоматизированную систему управления технологическими процессами (АСУ ТП);

2. Установка резервных источников питания;

3. Установка устройства быстрого действия автоматического ввода резерва;

4. Установка современной запорно-регулирующей арматуры, предотвращающей гидроудары;

5. Внедрение частотно-регулируемых электроприводов.

Одним из направлений канализования города является утилизация снега. Одним из самых современных и эффективных методов утилизации снега в крупных городах является использование стационарных снегоплавильных пунктов [8]. Необходимо рассмотреть возможность использования существующих канализационных насосных станций для перекачки талых вод от снегоплавильных установок в городскую канализационную сеть.

Утилизация снега при помощи снегоплавильных установок является новым направлением, поэтому старые канализационные станции не рассчитаны на возможность принятия дополнительных стоков. Но благодаря тому, что в настоящее время проводится модернизация устаревших КНС при поддержке Правительства, имеется возможность увеличить производительность КНС и тем самым обеспечить возможность перекачки талых вод в общесплавную городскую канализацию.

Канализационная насосная станция в г. Набережные Челны обслуживает территорию площадью $S = 2086625.5 \text{ м}^2$. На данной территории площадь улиц, с которых осуществляется вывоз снега на снеготаялки составляет приблизительно 502113 м^2 . Предположим, что весь снег, собранный с данной территории, перерабатывается в снегоплавильной установке. Таким образом, зная среднесуточное количество осадков в самый снежный месяц ($t = 25 \text{ мм}$ в декабре), можно определить среднюю подачу талой воды на КНС [9].

$$Q = (St)24 = (502113 \cdot 0,025)/24 \text{ ч} = 523 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,145 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Принимаем коэффициент неравномерности стока талых вод равным 1 (подвоз снега к снеготаялкам равномерен).

Существующие насосы «сухого» исполнения имеют общую производительность 1900 м³/ч, прибавка от снеготаялок составляет 523 м³/ч. Таким образом, можно заменить насосы «сухого» исполнения на три насоса «мокрого» исполнения производительностью 0,22 м³/с. Для упрощения выбираем насосы аналогичные установленным погружным насосам соответствующей производительности – «Иртыш» 3200/400.443-200/4-206 с погружным электродвигателем $Q = 0,22 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 50 \text{ м}$.

Выводы:

1. Существующая насосная станция оснащена частично устаревшим насосным оборудованием, требующим замену на современное.
2. На станции отсутствуют современные системы управления и регулирования.
3. Без перестройки самого здания насосной станции возможна модернизация, обеспечивающая возможность перекачки дополнительного объема воды от снеготаялок, надёжность и экономичность функционирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1986. 320 с.
2. Электронный ресурс «Воронежский завод гидрооборудования» Режим доступа: <http://zavod-vzg.ru>.
3. Инструкция по эксплуатации канализационной станции (КНС) Нового города СВ РВКС. ИЭ 92.117.437-17.
4. Электронный ресурс «ТераГаз» – Режим доступа: <http://teragaz.ru/poleznye-statii/modernizatsiya-obektov-gorodskogo-vodosnabzheniya-i-vodootvedeniya-na-primere-abakana/>.
5. Никитин А.М., Карабанов Ю.З., Гириков А.О. Модернизация канализационных насосных станций // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 2.
6. Электронный ресурс «Мосводоканал» – Режим доступа: <http://www.mosvodokanal.ru/sewerage/network.php>.
7. Электронный ресурс «Строительный эксперт». Режим доступа: <https://ardexpert.ru/article/1321>.
8. Иванова А.С., Павлов С.Я. Снегоплавильные установки: предварительные рекомендации по использованию в Санкт-Петербурге // Политехническая неделя в Санкт-Петербурге: Материалы научного форума с международным участием. 2016. С. 274-276.
9. Электронный ресурс «climate-data.org». – Режим доступа: <https://ru.climate-data.org/location/1819/>.

УДК 69.05: 658.5.012.011.56

С.Я. Павлов, А.В. Куликова, А.Д. Воронин
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ НА ПРИМЕРЕ СУХОГО ПРУДА В ОРАНИЕНБАУМСКОМ ПАРКЕ

Введение. В настоящее время для облегчения проектной деятельности инженеров разработаны программные комплексы, позволяющих решать простые, но весьма затратные по времени задачи. Наиболее популярным в гидротехнике является BIM-проектирование.

Цель работы – использование BIM-технологий для проектирования ложа искусственного водоёма с учётом нормативного водообмена.

BIM-проектирование – это построение трехмерной модели объекта, в которую вносят архитектурно-конструктивные, инженерно-строительные, экологические и иные важные характеристики. BIM охватывает все жизненные этапы объекта, начиная от планирования и заканчивая ремонтом (демонтажем).

Основа технологии – это процессы и способы работы с информацией об объекте строительства, которые регулируют работу с BIM-моделью, которая, в свою очередь, состоит из интеллектуальных объектов и параметрических взаимосвязей.

Основные принципы BIM-технологий: 1) интеллектуальная параметризация; 2) наполнение её проектными данными; 3) построение трёхмерной модели объекта; 4) автоматическое составление спецификаций и чертежей.

Интеллектуальная параметризация – это отличительная особенность BIM, она заключается в том, что при изменении какой-либо характеристики объекта, взаимосвязанные с ним параметры автоматически перестраиваются, что упрощает процесс принятия проектных или корректировочных решений [1].

Исходными данными для построения BIM-модели были: 1) исторические планы пруда на момент создания; 2) существующая топографическая съемка пруда; 3) гидрологические изыскания; 4) промеры донных отложений; 5) геологические изыскания.

Данная технология была применена при проектировании восстановления Сухого пруда в Ораниенбаумском парке. В качестве архивных материалов, был привлечён исторический план Сент-Илера 1779 г., по которому возможно воссоздать очертание пруда в плане и установить отметку его поверхности. Так как достоверных данных по историческим глубинам и объёму пруда нет, то объём был вычислен по отметке поверхности воды, соответствующей плану Сент-Илера, заложению откосов $m = 3$ и глубинам, принятым увеличивающимися от 1,5 м в истоке до 4,0 м у водовыпуска. Величина полученного объёма 9750 м³.

Расчёт необходимого для обеспечения нормативного водообмена притока произведен по стоку, формирующегося на территории ДПА (Дворцово-Парковый Ансамбль Ораниенбаума) и прилегающего к нему Кипенского лесничества. Приток был вычислен на основе данных по водосборному бассейну, площадь которого определена с помощью лицензионного программного комплекса Autodesk Autocad Civil 3D 2017. Сток с территории водосбора (ДПА плюс Кипенское лесничество), объём, необходимый при 2.5-й кратности смены воды в водоёме [2], и проектный объём Сухого пруда, обеспечивающий эту кратность, представлены в таблице 1 [3].

Как видно из таблицы 1, при проектируемом состоянии водопроводящей сети 2.5-я кратность годового водообмена, необходимая для обводнения Сухого пруда, обеспечивается.

Таблица 1

Характеристика кратности годового водообмена
водоёма западной части парка ДПА «Ораниенбаум»

Водоём	Объём водоёма, т. м ³	Объём притока, необходимый для 2,5-й кратности водообмена, т. м ³	Имеющийся объём притока за год, т. м ³
Сухой пруд	9,75	24,4	29,2

В соответствии с Техническим заданием на производство проектно-изыскательских работ [4] были проведены промеры мощностей иловых отложений Сухого пруда, батиметрическая съёмка пруда не проводилась (рис. 1).

Промеры мощностей иловых отложений выполнялись по поперечным профилям с использованием гидрометрической штанги ГР-56 М (с поддоном). При промерах глубин определялись: 1) положение промерных точек на плане; 2) глубины до жидкого и твердого дна в каждой промерной точке; 3) уровень воды.

На основе полученной по геодезическим данным цифровой модели рельефа, а также результатам промеров мощности иловых отложений с помощью программного комплекса

Autodesk Autocad Civil 3D 2017 произведён расчёт объемов иловых отложений в исследуемом водоёме (таблица 2) [5-7].



Рис. 1. Определение мощности иловых отложений Сухого пруда

Таблица 2

Объем иловых отложений Сухого пруда

Водоём	Объём водоема (в проектных очертаниях урезов воды), тыс. м ³	Объем иловых отложений, тыс. м ³
Сухой пруд	9,75	1,70

Были определены объёмы работ по очистке дна от иловых отложений, дноуглублению (необходимому для обеспечения требуемых глубин у истока и у водовыпуска) и очистке от существующей растительности; результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Ведомость объёмов земляных работ

№п/п	Наименование вида работ	Ед. изм.	Кол-во
1	Разработка отложений ила, с перемещением на расстояние 50 м во временный отвал	м ³	1700
2	Разработка грунта (II кат.) чаши пруда экскаватором «обратная лопата» емкость ковша 0,65 м ³ с перемещением на расстояние 200 м на площадку временного хранения грунта	м ³	1200

Результаты. Проанализировав цифровую BIM-модель Сухого пруда, были получены следующие данные:

- 1) восстановление исторического очертания пруда возможно, при совмещении архивного плана с существующей топографической подосновой; были приняты следующие конструктивные решения по восстановлению:
- 2) отметка нормального подпорного уровня конструктивно принята НПУ 17.00, отметка дна пруда у водоприемной камеры 14.00;
- 3) минимальная глубина пруда составляет 1.5 м, заложение откосов $m = 3$, на глубине более 1.5 м поверхность дна совпадает с существующей поверхностью земли;
- 4) после реализации проектных решений площадь поверхности воды Сухого пруда составит 5930 м², а его объём 9750 м³.

Выводы. Использование BIM-моделирования в значительной степени облегчило и ускорило работу авторов, а выборочная детализация на каждом из этапов проектирования позволила отслеживать изменение и регенерацию модели при заданиях определённых условий и параметров. На основе цифровых моделей определялись объёмы земляных работ, находились объёмы строительных материалов, строились картограммы земляных масс, оформленных согласно нормативной документации. Платформы для BIM-моделирования максимально «пластичны», это значит, что возможна настройка организации рабочего пространства, для решения определённых задач в проектах восстановления исторических водоёмов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства: сайт Autodesk.net. [Электронный ресурс]. URL: https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/metro/img/bim_brochure.pdf (дата обращения: 15.10.2017).
2. Теодоронский В.С. Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры: учебник 3-е издание/ Теодоронский В.С. [и др.]. М: Академия, 2008. С. 118-119.
3. Павлов С.Я., Куликова А.В., Гродник С.С. Обводнение прудов в исторических ландшафтных парках: разработка мероприятий на примере гидросистемы Ораниенбаумского парка // В сборнике: Политехническая неделя в Санкт-Петербурге. 2016. С. 276-279.
4. Город Ломоносов (Ораниенбаум). Гос. Издательство Искусство, Москва, 1954.
5. Горбатенко С.Б. Петергофская Дорога. Ораниенбаумский историко-ландшафтный комплекс, 2001.
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.

УДК 628.13

А.Д. Воронин, А.В. Куликова, С.Я. Павлов
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВОДОЕМОВ В СТРАНАХ ЕВРОПЫ

Введение. Развитие городов оказывает отрицательное влияние на природные и антропогенные водные объекты. Водотоки и водоёмы испытывают мощное негативное воздействие, являясь приёмниками загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами, поверхностным стоком и грунтовыми водами.

Цель работы – ознакомление с современными методами восстановления прудов в Европе.

В настоящее время существует настоятельная необходимость создания новых методов, позволяющих при восстановлении малых водных объектов осуществлять комплексное решение экологических и инженерно-мелиоративных задач (например, инженерно-экологический мониторинг). Устойчивое улучшение экологического состояния городских водных объектов может быть достигнуто, в частности, за счёт совершенствования технологий очистки водных объектов.

В некоторых европейских странах имеется система проведения научных исследований для оценки состояния водных объектов, теоретические разработки, позволяющие предложить метод восстановления и прогнозировать развитие состояния объекта после восстановления. Следует заметить, что результаты теоретических разработок стали внедряться в технологию восстановления водоёмов относительно недавно, поэтому о правильности этих разработок судить пока не представляется возможным [1].

Есть также практический опыт по использованию различных методов восстановления поверхностных водоемов. Однако большинство этих методов разрабатывались и применялись по принципу «проб и ошибок» при отсутствии точной информации об их результатах на длительный последующий период времени. Можно сказать, что малое количество информации не только по динамике изменения их параметров после восстановления, но и по состоянию когда-то «улучшенных» объектов на настоящее время, является основной причиной, препятствующей развитию всей «отрасли» [1]. По мнению специалистов, занимающихся проблемой восстановления водных объектов, необходим сбор возможно подробной информации по развитию биотопа и биоценоза водных объектов, восстановленных недавно, и по состоянию водных объектов, реконструированных ранее (необходимо сравнение состояния объекта до реконструкции и в настоящее время) [1, 2].

В последние десятилетия были разработаны новые технологии реконструкции малых водоёмов (вакуумная дноочистка, покрытие дна геоматами и др.). Ведётся их апробация в различных условиях [3].

В европейских странах применяются следующие основные способы восстановления водных объектов.

Покрытие дна – установка барьера для снижения поступления биогенных элементов и загрязнителей из донных отложений или подземных вод в водоём и для предотвращения фильтрации воды из пруда в грунт (из традиционных методов покрытия дна – глиняный замок, из новых методов – геоматы и покрытие дна пруда специальной плёнкой) [4].

Дноочистка (удаление донных отложений). Обеспечивается увеличение глубины водоёма и возможностей использования береговой зоны в результате удаления загнивающего материала и предотвращения обратного выхода биогенных элементов из донных отложений; улучшается санитарное состояние объекта. Перед дноочисткой проводится химический и бактериальный анализ донных отложений. Результаты анализа учитываются при назначении метода дноочистки и способа транспортировки и дальнейшего использования извлечённого материала. На некоторое время, до образования придонного слоя с развитым сообществом бентосных организмов, водоём оказывается практически «мёртвым» [3].

Удаление макрофитов (водной высшей растительности). Повышается рекреационная значимость водоёма (эстетическая привлекательность), улучшаются условия обитания ихтиофауны и рыболовства (при удалении макрофитов в строго дозированном количестве, в противном случае может произойти нарушение трофической цепочки). Растительность может быть удалена при использовании механических, физических, химических и биологических методов [1].

Подъём уровня воды. Временно предотвращается распространение растительности в водоёме, повышается рекреационная значимость объекта за счёт удлинения береговой полосы и площади водной поверхности [1].

Уменьшение объёма вод в гиполимнионе – замена воды из гиполимниона с высокой концентрацией биогенных элементов и низким содержанием кислорода водой эпилимниона, насыщенной кислородом за счёт гравитации или насосом [2].

Следует отметить, что во многих случаях для достижения существенных результатов требуется повторное применение нескольких методов в течение ряда лет [1]. Необходимо также обратить внимание, что достигнутые результаты следует поддерживать мониторинговыми программами.

В Европе существуют водные объекты (как в городской черте, так и в загородной парковой зоне), которые особенно чувствительны к антропогенному воздействию [5]. Так, в Финляндии многие парковые водоёмы представляют собой древние озёра ледникового происхождения. В основном они – небольшие по площади и мелкие. Малый объём водной массы, длительный период водообмена, характер грунтов снижают естественную устойчивость водоемов к закислению, особенно на севере Финляндии, и их способность противостоять эвтрофированию.

Результаты и выводы. В обычном понимании сущность процессов «восстановление» и «управление» в отношении водоёмов аналогична. В Германии, например, термин «Sanierung» используется при определении мероприятий, проводимых на водосборе, по ликвидации внешней нагрузки, а термин «Restaurierung» относится к действиям, осуществляемым непосредственно внутри водоема [1].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Lake Management and Restoration in LakePromocountries / Ruokojärvi, Arja (ed.). Joint Summary Manual. Savonia University of Applied Sciences, Series D9/2006. Kuopio. 2006.
2. Federal Environmental Agency. Water body management and restoration procedures in Germany. Umweltbundesamt & Brandenburgische Universität Cottbus. 2006.
3. Lake Management and Restoration Practices in Hungary / Karacsonyi, Z., Magyarics, A., Karacsonyi, J. et al. University of Debrecen, Centre for Environmental Management and Policy. 2006.
4. Lake Management and Restoration procedures in LakePromo-countries / Roquetas de Mar. Information package – Spain. Roquetas de Mar, Almeria-Spain. 2006.
5. http://resources.krc.karelia.ru/krc/doc/publ2008/Aquatic_environment_009-18.pdf.

УДК 502

М.С. Ильина, М.А. Сабитова, А.Г. Гаврюшина, В.Д. Полякова, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НАПРАВЛЕНИЯ ЗЕЛЕНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ

Введение. В настоящее время экологическое состояние нашей планеты ухудшается с каждым днем все больше и больше. Одной из основных причин загрязнения окружающей среды является антропогенный фактор. В эпоху стремительного развития человечества развивается и его деятельность. В частности, с ростом населения появляется необходимость в охватывании новых территорий и их застройкой. С увеличением числа крупных городов повышается качество жизни человека, но, однако, имеются и негативные последствия. Пагубное воздействие на окружающую среду происходит как во время самого строительства (в связи с тем, что оно требует значительное количество ресурсов: и энергетических, и сырьевых) так и в процессе эксплуатации уже построенных объектов. Для регулирования загрязнения экологии необходимы особые меры, которые включают в себя так называемое «зеленое» строительство.

Цель работы – исследование и сравнение различных видов зеленого строительства, а также оценка перспектив их развития в России.

Зеленое строительство – это отрасль строительства, подразумевающая под собой возведение и эксплуатацию объектов с минимальным влиянием на окружающую среду. Основными целями зеленого строительства являются: 1) снижение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов; 2) снижение пагубного влияния на окружающую среду и здоровье человека; 3) повышение качества зданий и комфорта их внутренней среды; 4) сокращение строительных отходов.

В задачах зеленого строительства можно отметить следующие пункты: 1) сокращение совокупного воздействия строительной деятельности на здоровье человека и окружающую среду; 2) создание новых промышленных продуктов; 3) снижение нагрузок на региональные энергетические сети и повышение надёжности их работы; 4) снижение затрат на содержание зданий.

Мировое зеленое строительство весьма разнообразно: кроме домов с акцентом на энергоэффективность сюда можно отнести и здания бионической архитектуры, и постройки из естественных материалов, и автономные самодостаточные дома, вырабатывающие энергию, и многое другое. Классификация в целом такова: мейнстрин; экохайтек; автономные экодома; эколоутек; экофутуризм.

Остановимся подробнее на каждом из вышеперечисленных видов.

Экомейнстрим – направление в строительстве, основанное на ультранизком потреблении воды и тепла. Здания, построенные по данной технологии, хорошо утепляют, а также используют систему сбора дождевой воды. Среди преимуществ использования дождевой воды в быту следует отметить существенное сокращение потребления обычной водопроводной воды. Это дает возможность существенно уменьшить водозабор поверхностных и подземных вод и предотвращает проседание почвы. Такую воду используют для хозяйственных и бытовых нужд. Вне дома она предназначена для орошения газонов и огородов, в весенне-осенний период – для мойки автомобилей и уборки территории вокруг дома. Кроме того, применяют систему рекуперации энергии, которая позволяет экономить тепло, поступающее от котельной, путем использования тепла, которое выходит из вентиляции зданий.

Экохайтек – направление, постройки которого выполнены со сложными сооружениями, такими как системы переработки мусора. Данное направление (хоть и предназначено для экономии энергии), но, по сути, здания такого типа строятся из-за веяний моды к высококомпьютеризированным объектам. Существенными минусами являются: высокая цена возведения и низкая эффективность [1].

Автономный экодом — это дом, который не зависит от инфраструктуры, внешних электрических и газовых сетей, систем водоснабжения и канализации и т.п. Это означает, что он должен обеспечиваться всеми необходимыми ресурсами за счет внутренних источников. Но дело в том, что использование этих источников имеет свои сложности и недостатки. К ним относятся: 1) непостоянство и неравномерность их действия в течение суток и сезонов; 2) высокая стоимость альтернативных источников электроэнергии (ветростанций, солнечных батарей, микроГЭС); 3) неудобство и трудоемкость использования различных видов печей на растительном топливе и др. Для уменьшения этих факторов приходится ограничивать мощность источников, сглаживать неравномерность их действия и повышать коэффициент использования, а это приводит к необходимости высокой энергоэффективности дома. Тем не менее, несомненными плюсами автономного дома являются снижение стоимости обслуживания и снижение степени влияния на окружающую среду, что соответствует принципам зеленого строительства [2].

Эколоутек. Его основным принципом является использование неисчерпаемых или местных природных материалов. Это направление соответствует уменьшению воздействия строительной отрасли на окружающую среду, а также способствует повышению качества жизни [3]. Эколоутек подразумевает применение недорогостоящих материалов, таких как:

глина, солома, древесина, утрамбованная земля, натуральные волокна и др. Помимо этого, используется и вторичное сырье, например – макулатура или пиломатериалы. Ученые-экологи озабочены проблемами защиты природы и уменьшения отрицательного влияния на биосферу особо охраняемых природных территорий – Жигулёвского заповедника им. Спрыгина, национального парка «Самарская Лука», Самарского ботанического сада, памятников природы. Именно эти территории в перспективе могут стать площадками внедрения технологий экооутека в массовую практику [4].

Следующий вид – экофутуризм, подразумевающий возведение зданий и сооружений без вредных или опасных веществ. Ярким представителем этого направления является американский архитектор Вильям Макдоноу. В настоящее время он занимается строительством здания для Ford и консультацией китайского правительства по вопросам проектирования 14 новых экогородов. По его мнению, «мир должен пройти через вторую промышленную революцию, которая «отменит» отходы и ядовитые вещества». Новые искусственные вещества будут неядовитыми и станут составными частями безотходных экономических циклов. Другими словами, часть элементов дома или автомобиля после наступления физического износа поступит в почву и трансформируется в ней. Другая же часть вновь будет направлена в производство [5].

Вывод. Много лет в России не придерживались «зеленых» стандартов и не задумывались над их использованием. Однако сейчас в связи ухудшением качества жизни в городах и сложившейся экономической ситуацией в стране (повышение цен на газ и электричество) зеленое строительство становится все более популярно. Среди широкого выбора направлений данного строительства можно выделить наиболее пригодные для использования в России, такие как: экомейнстрим, автономные дома, экооутек, поскольку они наиболее предпочтительны по критерию соотношения цена/качество, а также по критерию климатических условий эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Панаськова Е.М. Экодевелопмент и современные «зеленые технологии» в России на примере загородной недвижимости // Проблемы науки. Издательство «Олимп». 2016.
2. Korchagina O.A., Ostrovskaya A.A., Yudina O.A., Ilyasova O.I. “Green” Construction. Eco Houses // Components of scientific and technological progress. Тамбов: Фонд развития науки и культуры, 2013.
3. Вавилова Т.Я., Манцурова Е.М. Теоретические и философские основы использования экооутека в современной архитектуре // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. архитектура и дизайн. Сб. статей. Самара: Самарский гос. архитектурно-строительный университет, 2017.
4. Вавилова Т.Я., Манцурова Е.М. Экооутек – инновационный вектор архитектурного проектирования // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн. Сб. статей. Самара: Самарский гос. архитектурно-строительный университет, 2016.
5. Грабовый П.Г., Старовойтов А.С. Инновационное строительство – энергоэффективность и экологичность // Недвижимость: экономика, управление. М.: НИ МГСУ. 2012.

УДК 712.4(57-21)

Т.А. Степанчук, М.А. Кравченко, Ю.В. Волкова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ФОРМИРОВАНИЕ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Введение. В статье рассматривается проблема загрязнения территорий промышленных предприятий и важность создания зеленых насаждений на данных территориях. Системы зеленых насаждений нейтрализуют влияние побочных продуктов производства, способствуют созданию благоприятной среды для труда и отдыха. При формировании зеленых насаждений,

в особенности на загрязненных территориях промышленных предприятий, необходимо учитывать ряд факторов, правильно выбрать ассортимент растений, подобрать систему орошения и дренажа.

Цель работы – исследование особенностей формирования зеленых насаждений на территориях санитарно-защитных зон промышленных предприятий.

Территории промышленных предприятий и прилегающие к ним районы зачастую подвержены воздействию различных производственных выбросов, загрязняющих воздушный бассейн и почву [1]. Современное развитое промышленное производство, несмотря на ряд мер, применяемых для сокращения выбросов, является источником постоянного загрязнения атмосферного воздуха. Поэтому в оздоровлении окружающей среды важны озелененные санитарно-защитные зоны (СЗЗ) между промышленными предприятиями и жилыми территориями [2]. СЗЗ – это часть зоны загрязнения в пределах между границей промышленного предприятия и границей селитебной территории населенного пункта. Она устанавливается для снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха до определенных пределов после проведения на предприятиях всех мер по очистке промышленных выбросов. Зона должна быть соответствующим образом планировочно организована, озеленена и благоустроена [3].

Для промышленных предприятий (в зависимости от класса вредности) ширина санитарно-защитной зоны колеблется от 50 до 1000 м, но на практике может достигать 3-5 км и более. Созданию проекта озеленения должны предшествовать: изучение санитарно-гигиенических условий (источники загрязнений и их размещение, состав и концентрация выбросов, зона их распространения, источники шума, а также аэрационные особенности территории и уровень ее инсоляции); изучение почвенных условий и уровня залегания грунтовых вод, ассортимента имеющихся растений и их состояния. Изучается также направление основных пешеходных и транспортных потоков, архитектурно-планировочное, панорамное, технологическое и инженерное решение промышленного предприятия и прилегающих территорий.

Разработанные различными научными и проектными организациями рекомендации и технические указания по озеленению санитарно-защитных зон промышленных предприятий содержат ряд общих принципов и положений. 1. Зеленые насаждения должны занимать 60-70% территории санитарно-защитной зоны. 2. Рекомендуется располагать насаждения так, чтобы обеспечить чередование открытых и закрытых (занятых посадками деревьев и кустарников) пространств, что будет способствовать рассеиванию газообразных выбросов. Возникающие при этом горизонтальные и вертикальные потоки воздуха способствуют успешному проветриванию территории промышленного предприятия и всей зоны. 3. Не рекомендуется создание загущенных посадок и очень крупных массивов плотной структуры [2].

Планировочное решение санитарно-защитной зоны должно учитывать весь комплекс природно-климатических факторов: почвенно-климатические условия, рельеф местности, преобладающее направление ветров, наличие крупных лесных массивов и водных поверхностей, микроклиматические особенности района строительства [4].

Выбор приемов озеленения зависит от местных климатических и планировочных условий. Например, на территории завода, расположенного на юге, целесообразна посадка высоких деревьев и полосы кустарника с обеих сторон дороги, ведущей от входа к одному из цехов, где производство сопровождается выделением большого количества пыли. На заводе, расположенном в северной климатической зоне, такую же дорогу обсаживают кустарниками и деревьями средней высоты только со стороны источника пыли, а с другой стороны создают полосу газона с группами кустарника или цветов [5].

Для защитных зон важно выбрать ассортимент растений, соответствующий климатическим и почвенным условиям района и характеру загрязнения воздуха отходами

данного предприятия. В практике проектирования и строительства промышленных предприятий удельный вес насаждений на заводских территориях различен. Так, на предприятиях легкой промышленности он колеблется в пределах 30-60 % общей площади, а на предприятиях металлургической, химической и машиностроительной промышленности в пределах 15-60 %. По нормам проектирования промышленных предприятий площадь озеленения составляет не менее 15-20 % площади территории предприятия. При плотной застройке промышленной площади этот показатель разрешается снижать до 10 %. Следовательно, в среднем удельный вес насаждений превышает 20 % общей площади предприятия [6]. Создание насаждений на фабрично-заводских территориях является одним из основных мероприятий по их благоустройству и, следовательно, по улучшению условий труда рабочих и служащих промышленных предприятий. В комплексе работ по благоустройству территорий промышленных предприятий озеленение занимает большое место. В качестве примера приведем опыт озеленения территории инструментального завода «Калибр» в Москве. На заводской территории разбиты тенистые аллеи, сады, многочисленные цветники и другие формы озеленения, в которых использованы более 10 тыс. деревьев и 20 тыс. кустарников. Среди них растут и обильно плодоносят 1320 яблонь, 82 груши, 30 слив, 300 вишен и 450 кустов смородины. Кроме того, в заводских скверах и садах размещено более 15 тыс. цветущих многолетних растений. Рабочие и служащие «Калибра» сумели превратить свое предприятие в подлинный завод-сад. Много насаждений на территориях промышленных предприятий Омска, Санкт-Петербурга и других городов [6].

Озеленению городов, в особенности – гигантов-мегаполисов, к которым относится Санкт-Петербург, присущи следующие функции. 1. Уменьшение химической, механической и биологической загрязненности воздушного бассейна, почв, грунтов и вод, включая подземные. Таким образом, эта функция предполагает оздоровление растениями воздуха, которым мы дышим и вод, которые мы пьем. Поглощение растениями газообразных и жидких химических загрязнителей, происходящее через покровы листьев, и последующее их разрушение внутри растений в большей мере способствует очищению воздушного бассейна города, а также почв, грунтов и вод, от самых разнообразных вредных веществ как природного, так и антропогенного происхождения. 2. Придание вдыхаемому нами воздуху лечебных свойств. 3. Оптимизация экологических свойств среды в местах пребывания человека, т.е. там, где он работает, отдыхает. Растения в процессе своей жизнедеятельности способны регулировать влажность, температуру, освещение (в том числе ультрафиолетовое), ослаблять шум, уменьшать подверженность организмов воздействию электромагнитного и электрического полей, и т.д. 4. Эстетическая, декоративная. Цветовая гамма, которую весной, летом и осенью создают листопадные растения, в особенности, цветущие, а зимой вечнозеленые растения, оказывают на человека особый успокаивающий, умиротворяющий, снимающий нервный стресс терапевтический эффект. 5. Почвоукрепляющая. Растения своими корнями предотвращают смещение слоев почвы, а также грунтов, сдерживают осыпи. 6. Природостроительная. В ее основе лежит способность растений к фотосинтезу, благодаря которому на Земле образуется органическое вещество. 7. Информационная, индикаторная. Растения чутко реагируют на изменения, происходящие в окружающей среде, такие как: загрязнение воздуха, почв и вод. Если условия жизни неудовлетворительны, срок жизни растений укорачивается, они утрачивают способность оздоравливать окружающее пространство, в том числе – городское, и, в конце концов, погибают. Поэтому, чтобы сохранить растения необходимо ухаживать за ними определенным образом [7].

Улучшение минерального, водного и воздушного режима питания растений, применение биологически активных химических препаратов и новых технических средств, проведение агротехники ухода с учетом особенностей роста кроны и корней позволяют улучшить обмен

веществ, повысить устойчивость и декоративность в неблагоприятных условиях. Растения должны быть в достаточной мере обеспечены водой и минеральными удобрениями [8].

Изучение городских почв, по словам Добровольского Г.В., свидетельствует о том, что для создания чистого города и решения проблемы жизни здорового человека в нем, необходимо определенным образом дифференцировать городские ландшафты с целью локализации и перераспределения антропогенной нагрузки, увеличения озелененности и улучшения качества городских земель. Большинство техногенных ландшафтов неблагоприятно и даже опасно для здоровья человека. Они искажают нормальный ход таких фундаментальных процессов, протекающих в биосфере, как биологический круговорот азота, газовый режим атмосферы и т. п.; снижают их интенсивность [9].

Уход за зелеными насаждениями вблизи предприятий включает следующие мероприятия: регулярные поливы, рыхление почвы, периодический обмыв кроны от пыли и копоты, внесение удобрений.

Оптимальная обеспеченность растений водой повышает активность процессов их жизнедеятельности и улучшает устойчивость к действию токсичных газов, аэрозолей и твердых выбросов. В условиях сильного загрязнения почвы токсическими веществами промышленных выбросов поливы имеют двойное значение: обеспечение влагой корнеобитаемого слоя почвы и вымывание токсических веществ в более глубокие слои. Обмыв листьев, и подкормка деревьев физиологически активными элементами улучшают их физиологическое состояние, повышают устойчивость к действию вредных промышленных выбросов [8].

Выводы. При создании зеленых насаждений на территориях промышленных предприятий важно правильно рассчитать размер санитарно-защитной зоны, который определяется нормативным документом «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [10]. Введение СЗЗ направлено на уменьшение вредного воздействия загрязнений объектов и производств на атмосферный воздух: они являются защитным барьером, обеспечивающим уровень безопасности населения при эксплуатации объектов промышленного производства. Поэтому к формированию СЗЗ и зеленых насаждений на них нужно подходить очень серьезно, ведь от этого зависит здоровье людей, проживающих вблизи предприятий, и экологическое состояние окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ерохина В.И. Озеленение населенных мест / Справочник. М.: Стройиздат, 1987. 480 с.
2. Свирков В.П. Учет розы ветров при проектировании предприятий дорожно-транспортной индустрии / Белорусский национальный технический университет, 2013. 15 с.
3. Руководство по проектированию санитарно-защитных зон промышленных предприятий/ Центральный научно-исследовательский и проектный институт по градостроительству. М., 1984. 109 с.
4. Бирюков, Л.Е. Основы планировки и благоустройства населенных мест и промышленных территорий. М.: Высшая школа, 1978. – 232 с.
5. Гостев В.Ф., Юскевич Н.Н. Проектирование садов и парков / Учебное издание, 1991. 99 с.
6. Пищухина Е.Ю. Озеленение территорий промышленных предприятий при помощи живых изгородей / Астраханский государственный университет, 2013. 5 с.
7. Степанов К. Экологические проблемы урбанизированных территорий на примере города Санкт-Петербурга. Реферат. СПб., 2003. 10 с.
8. Концевич А. Роль зеленых насаждений в создании комфортных условий городской среды Омска / Омск, 2012. 11 с.
9. Усольцева М.С., Волкова Ю.В. Реновация промышленных зон в Санкт-Петербурге / Санкт-Петербургский политехнический университет. СПб, 2015. 14 с.
10. Теодоровский В.С., Сабо Е.Д., Фролов В.А. Строительство и эксплуатация ландшафтной архитектуры. Академия, 2008. 230 с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ДЕМОНТАЖА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ЗАСТРОЙКИ

Введение. Для возведения нового сооружения зачастую необходимо подготовить территорию и убрать непригодные для использования здания. Выбор способа устранения сооружений определяет от особенностей здания, его масштабности, место нахождения и материала, из которого оно возведено. Помимо этого, следует учитывать затраты [1]. Существует множество видов демонтажа зданий в зависимости от типа сооружения. В большинстве случаев наиболее популярными являются ручной, взрывной, термический, механический или комбинированный способы [2].

Цель работы – анализ перспективных методов демонтажа зданий и сооружений в условиях плотной застройки.

Механический метод демонтажа осуществляется при помощи современных специальных машин, например: экскаватора со сменным навесным оборудованием (клин-молот, шар молот, гидронажницы), станка с алмазными дисками, клинового раскалывателя. Одним из главных преимуществ механического метода является бесшумность и отсутствие разлета осколков [3].

В термическом разрушении здания используют кислородные копы, порошково-кислородный резаки, реактивно-струйная горелки, электродуговое плавление. К минусам этого способа можно отнести чрезмерный шум оборудования, нагрев деталей и вредное газовыделение [3].

Устройством электрогидравлического действия или взрывчатыми веществами, заложенными в здании, осуществляют взрывчатый метод демонтажа. Его следует применять на открытых пустых площадках, чтобы разлетающиеся осколки не могли повредить находящиеся поблизости здания [3].

В Японии, характеризующейся плотной многоэтажной застройкой городов, разработан и успешно применяется новый механический метод демонтажа высотных зданий, основанный на их разборе по частям таким образом, что его исчезновение едва заметно, и такой способ не способен повредить окружающие здания (рис. 7).

Демонтаж осуществляется двумя способами: сверху или снизу здания. Строительные леса находятся внутри сооружения и скрывают процесс поэтажного демонтажа. В процессе разбора здание выглядит абсолютно нормально, а количество этажей постепенно уменьшается [4]. Разбор зданий рассматриваемым методом требует такого же тщательного планирования и организации строительного процесса, как и возведение нового небоскреба.

Верхний и нижний методы имеют свои достоинства. Когда два этажа демонтируются, строительные леса медленно опускаются, благодаря домкратам, которые управляются компьютерами на всех временных столбах строительных лесов. В результате крыша и стены становятся ниже. Затем столбы опускаются на новые позиции, и рабочие начинают разбирать следующие два этажа. Благодаря защитной оболочке, покрывающей леса, этот метод на 20 децибел тише, и в воздух выбрасывается на 90 % меньше пыли [4].

Верхний метод разбора здания предполагает монтаж строительных лесов и проведение работ на верхних этажах небоскреба, нижний метод – разрезание стальных колонн здания на уровне земли и перемещение всей конструкции вниз домкратами по мере удаления каждого этажа. Огромные гидравлические домкраты способны удерживать несущие колонны здания, а

рабочие урезают по 30 дюймов от каждой колонны, снова и снова, чтобы конструкция медленно опускалась. В последнем случае все работы по сносу выполняются на земле или вблизи нее, нет необходимости размещать тяжелое оборудование или рабочих наверху здания [4].



Рис. 7. Пример демонтажа этажа

Вывод. Данный метод демонтажа для небоскребов может быть очень полезен в условиях мегаполисов, таких как Москва и Санкт-Петербург, на территории которых уже возводятся небоскребы, а также для плотно застроенных районов, когда необходимо минимизировать ущерб для близлежащих зданий и населения. Ведь данный способ не позволяет большому объему строительной пыли поступать в окружающую среду, а также обладает шумоизоляционной способностью. Однако он обладает такими недостатками, как длительный срок производства работ, их высокая стоимость, высокая квалификация рабочей силы и уровень культуры производства, а также сложность планирования [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Современные методы сноса зданий. [Электронный ресурс] // <http://svoyrem.ru> [Офиц. сайт]. URL: <http://svoyrem.ru/16-sovremennyye-metody-snosa-zdaniy.html>.
2. Савушкина Т.Ю., Бродский В.И. Механизация работа при сносе (демонтаже) зданий и сооружений // В сб. «Инновационные технологии в образовании и науке». Чебоксары, 2017.
3. Изохватов А.В. Демонтаж зданий и сооружений // В сб. «Наука в современном обществе закономерности и тенденции развития». Уфа, 2017. Дата обращения: 21.10.2017.
4. Fenlo W. Watch How Japan Dismantles Skyscrapers One Floor at a Time [Электронный ресурс] // <http://www.tested.com> [Офиц. сайт]. URL: <http://www.tested.com/tech/456517-how-japan-dismantles-skyscrapers-one-floor-time/>. Дата обращения: 21.10.2017.
5. http://www.spbgasu.ru/documents/docs_170.pdf.

ОСОБЕННОСТИ СЕРВИТУТА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

Введение. В Российской Федерации сложилась неоднозначная практика регулирования земельных отношений в части возникновения и реализации прав на землю. Это обусловлено сложностью самого понятия «земля», включающего его специфические черты как природного ресурса, как объекта недвижимости и как объекта прав. Причем, земля является единственным объектом недвижимости, не созданным руками человека. Необходимо учитывать такое свойство земли, как пространственный базис для размещения всех необходимых для жизнедеятельности общества сфер [1]. Соответственно земля имеет особый статус, в том числе – и в правовом аспекте.

Цель работы – исследовать закрепленные в законодательстве правовые нормы, выявить причины, влекущие за собой правовые последствия альтернативы применения гражданского или земельного законодательства при регулировании однородных отношений, определить место строительного сервитута.

По действующему законодательству пользование землей возможно на определенном праве: праве собственности, аренды, постоянного (бессрочного) пользования и т.д.

В зависимости от способов защиты и иных особенностей гражданские права (гражданские правоотношения) принято делить на вещные и обязательственные.

Некоторые различия вещных и обязательственных прав приведены ниже в таблице 1.

Под вещным правом понимается связь лица с вещью, закрепленная юридически [2, 3]. Суть в том, что вещь принадлежит только одному определенному человеку, а все остальные лица должны признавать данное право и не претендовать на данную вещь. Таким образом, юридически принято считать, что вещное право носит абсолютный характер и защищается законными методами против всех.

Таблица 1

Критерии разграничения прав

Критерии		Вид права	
		Вещные права	Обязательственные права
1	По объекту	Определенная конкретная вещь	Действия, связанные с конкретной вещью
2	По субъектному составу	Абсолютные (субъекту, имеющему определенные права, противостоит неопределенный круг обязанных лиц; обязанности, которые носят пассивный характер)	Относительные (возникают между определенными лицами, поэтому нарушение обязательства может исходить из стороны обязательства)
3	По характеру защиты	Обладают абсолютной защитой. «Иск следует за вещью», то есть иск дается против любого нарушителя	Обязательственные права получают относительную защиту. Иск дается против стороны обязательства
4	По срокам	Носят бессрочный характер	Носят срочный характер (исключение – залог)

Основанием возникновения вещного права, в частности, на землю является приобретение такого права у государства, совершение земельных сделок.

Классификация вещных прав (указаны в статье 216 Гражданского Кодекса): 1) собственность; 2) право пожизненного наследуемого владения земельным участком; 3) право постоянного (бессрочного) пользования земельным участком.

Вещные права на землю, хоть и являются основными, но все-таки – не единственными. Наряду с ними существуют иные основания пользования землей, а именно – обязательственные права. В отличие от вещного обязательственное право – это право, объектом которого являются определенные действия. Оно возникает на основе договора, вследствие причинения вреда и иных оснований, указанных в законе. Здесь праву одного лица противостоит обязательство другого конкретно определенного лица.

Видами обязательственных прав на землю являются: 1) право аренды земли; 2) право безвозмездного срочного пользования; 3) сервитуты.

В современном законодательстве отсутствует точное понятие линейного объекта. Существует лишь их перечисление в различных законах. В основном это линии электропередачи, линии связи, трубопроводы, автомобильные дороги, железнодорожные линии и др. Так как линейные объекты проходят по огромной территории, покрывая при этом большое количество земельных участков [4], принадлежащих другим собственникам, существуют значительные проблемы на стадии государственной регистрации прав на земельные участки под данными объектами.

Одним из решений проблемы при строительстве линейного объекта предположительно может служить оформление сервитута. Сервитут – это ограниченное пользование земельным участком. Основы земельного сервитута прописаны в статье 23 Земельного кодекса Российской Федерации [5].

До 1 марта 2015 года в Земельном кодексе Российской Федерации прописывалось четкое разделение на частный и публичный сервитуты. В обновленной же редакции Земельного кодекса Российской Федерации понятие частного земельного сервитута ликвидировано. Но само явление с признаками, свойственными частному сервитуту, осталось в законодательстве.

При установлении сервитута возникают некоторые сложности. Сервитут устанавливается по требованию владельца объекта недвижимости и ограничивает пользование чужой недвижимостью. Но линейный объект на этом этапе еще только планируется построить, из чего следует, что оформить на него сервитут нет возможности. Сервитут устанавливается в соответствии с Гражданским законодательством, на основе нормативно-правовых актов в интересах государства, местного самоуправления, но без изъятия земельных участков. Затруднением является то, что органы власти не заинтересованы в установлении сервитута [6, 7], так как будет необходимо компенсировать неудобства собственникам земельных участков [8]. Тем более установление сервитута для линейных объектов не предусмотрено. Сервитут допускается лишь для использования земельного участка в целях ремонта коммунальных, инженерных, электрических и других линий и сетей, а также объектов транспортной инфраструктуры [9, 10].

Результаты. Согласно Проекту Федерального закона № 47538-6 «О внесении изменений в части первую, вторую, третью и четвертую Гражданского кодекса Российской Федерации, а также в отдельные законодательные акты Российской Федерации» расширено само понятие «сервитут». В законе появляются такие субинституты, как строительный, мелиоративный, горный, коммунальный.

Особенности строительного сервитута:

1. Могут устанавливаться сервитуты стройки и опоры, в том случае, если строительство, ремонт либо реконструкция объекта недвижимости невозможна без использования чужих земельных участков.

2. При сервитуте стройки допускается только временное размещение объектов, необходимых для определенного вида работ. Создание временных объектов на участках допускается только при согласии собственника. Данный сервитут устанавливается только на период строительства, ремонта или реконструкции здания, или сооружения при недостаточности земельного участка для осуществления строительных работ.

3. При использовании здания или сооружения, расположенного в границах необходимого земельного участка, для опоры конструкций здания или сооружения, возводимого или реконструируемого в границах земельного участка, может устанавливаться сервитут опоры. В установлении сервитута опоры не может быть отказано, если в соответствии со строительными нормами и правилами требуется такая опора.

4. Собственник земельного участка обязан содержать его в надлежащем техническом состоянии в тех пределах, в которых это необходимо для осуществления сервитута опоры без ухудшения условий пользования.

5. Владелец сервитута вправе за свой счет и сверх внесения платы за сервитут принять меры к улучшению земельного участка в объеме [11], сроках и порядке, согласованном с собственником земельного участка.

Выводы. Таким образом, при вступлении данных изменений в силу, произойдет усовершенствование системы законодательства, в том числе – и в области сервитутов, что, в свою очередь, позволит упростить процедуру государственной регистрации прав на земельные участки под линейными объектами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Уварова Е.Л. Зонирование как метод территориального планирования // Известия СПбГАУ. 2016. № 44. С. 230-235.
2. Шишов Д.А. Некоторые аспекты реализации современной концепции управления земельным фондом Российской Федерации // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сб. науч. тр. международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава / СПбГАУ. 2016. С. 182-185.
3. Шишов Д.А., Заварин Б.В. Эффективное использование земель в Российской Федерации (некоторые аспекты государственной политики) // АПК – стратегический ресурс экономического развития государства. XXI международная агропромышленная выставка «АГРОРУСЬ»: Материалы международного конгресса. 2015. С. 165-167.
4. Уварова Е.Л. Плановое начало как основа рационального решения вопросов уточнения границ земельных участков // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сб. науч. тр. международной НПК профессорско-преподавательского состава / СПбГАУ. 2016. С. 178-182.
5. Степанова Е.А., Харюкова К.М. Проблемы правового регулирования предоставления и отвода земель для строительства линейных объектов // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2016. № 2. С. 76-78.
6. Уварова Е.Л. Территориальное планирование как важный элемент устойчивого развития // Политехническая неделя в Санкт-Петербурге: Материалы научного форума с международным участием. 2016. С. 348-350.
7. Уварова Е.Л. Сущность и современное содержание рационального и эффективного использования земельных ресурсов // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2016. № 2. С. 24-27.
8. Гарманов В.В., Богданов В.Л., Заварин Б.В. Обоснование экономической целесообразности использования нарушенных земель // Науки о Земле. 2015. № 4. С. 7-11.
9. Аслаханов А.Н., Терлеев В.В., Степанова Е.А. Оценка влияния техногенного нарушения земель на их кадастровую стоимость // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК: Сборник научных трудов международной НПК молодых учёных. 2017. С. 186-189.
10. 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. P. 26-31.
11. Павлова В.А. Формирование стоимости земельного участка в системе управления земельными ресурсами // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2008. № 8. С. 32-35.

ПРОБЛЕМАТИКА КАДАСТРОВОГО УЧЕТА ОХРАННЫХ ЗОН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

Введение. Постановка на государственный кадастровый учет границ охранных зон построенных объектов электросетевого хозяйства (ЭСХ) обусловлена их назначением, т.е. значимостью, которая представляет собой как охрану самого объекта, так охрану природы и человека от воздействия объекта ЭСХ.

К таким объектам относят «линии электропередачи, трансформаторные и иные подстанции, распределительные пункты и иное предназначенное для обеспечения электрических связей и осуществления передачи электрической энергии оборудование». На данном этапе согласно законопроекта «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации в части упрощения строительства, реконструкции, капитального ремонта и (или) эксплуатации линейных объектов» для решения существующих на практике проблем предлагается использование иного подхода, предусматривающего возможность размещения линейных объектов на условиях публичного сервитута, то есть административного решения органа государственной власти или органа местного самоуправления.

Таким образом, значительную часть линейных объектов (кроме автомобильных и железных дорог) можно разместить на земельном участке, не прерывая текущую хозяйственную деятельность на нем [1], а значит, нет необходимости образовывать соответствующие земельные участки, прекращать права на них у прежних правообладателей; достаточно установить ограничение прав, позволяющее разместить линейный объект [2-4]. Естественно, что при этом интересы обремененной публичным сервитутом стороны должны быть защищены законом: все убытки, причиняемые ограничением прав, должны быть дополнительно возмещены вне зависимости от платы за публичный сервитут [5, 6].

Однако, после осуществления строительства объекта ЭСХ необходимо с целью обеспечения безопасности и предотвращения неблагоприятных отрицательных последствий установить охранную зону объекта ЭСХ [7].

Цель работы – рассмотреть изменения в законодательстве и на их основе выявить актуальные требования к формату документов при постановке охранной зоны на государственный кадастровый учет.

В рамках достижения поставленной цели предстоит решить следующие задачи:

1) рассмотреть вступившие в законодательство изменения и ранее установленные требования к формату документов при строительстве линейных объектов и порядку постановки на кадастровый учет объектов электросетевого хозяйства;

2) выявить сложности в работе кадастровых инженеров.

Результаты. Согласно статье 2 Федерального закона от 13 июля 2015 г. № 252-ФЗ «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» ограничен состав объектов землеустройства. Теперь из этого перечня исключены зоны с особыми условиями использования территорий (ЗООИТ), в том числе – охранные зоны объектов электросетевого хозяйства. С этого момента было положено начало так называемого «переходного периода», т.е. произошли изменения, которые влекут за собой ряд действий по установлению, согласованию, утверждению форм и форматов документов; влияют на работу кадастровых инженеров; оказывают

непосредственное влияние на срок постановки сведений о местоположении границ охранных зон объектов электросетевого хозяйства на государственный кадастровый учет.

Естественно, что, не смотря на исключение вышеуказанных зон из состава объектов землеустройства, они (охранные зоны объектов электросетевого хозяйства) по-прежнему должны включаться в состав сведений государственного кадастра недвижимости (ГКН).

В соответствии с Законом № 252-ФЗ статья 87 Земельного кодекса Российской Федерации дополнена, в том числе пунктом 5.1 следующего содержания: «Обязательным приложением ... являются сведения о границах такой зоны, которые должны содержать текстовое и графическое описание местоположения границ такой зоны...».

При этом законодательством Российской Федерации не была утверждена форма документа, содержащего указанные сведения о границах зон [8].

Далее 03.05.2016 вступил в силу приказ Минэкономразвития России от 23.03.2016 № 163 «Об утверждении Требований к системе координат, точности определения координат характерных точек границ ЗОУИТ, формату электронного документа, содержащего сведения о границах ЗОУИТ», пункт 2 которого гласит: «Росреестру в трехмесячный срок со дня вступления в силу настоящего приказа утвердить и разместить на официальном сайте Росреестра в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» схемы, используемые для формирования документов в формате XML».

Позднее в приказе Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 15 сентября 2016 г. № П/0465 «О внесении изменений в приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 01.08.2014 № П/369 О реализации информационного взаимодействия при ведении государственного кадастра недвижимости в электронном виде» были изложены пункты, содержащие в себе требования к формату XML-схем, используемых для формирования XML-документов.

Следует отметить, что взамен карты (плана) объекта землеустройства обязательным приложением к направляемым документам для ЗОУИТ является описание местоположения границы. Для формирования данного XML-документа используется XML-схема TerritoryToGKN_v01, формат XML-схемы также утвержден приказом Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 15 сентября 2016 г. № П/0465.

Однако, форма документа на бумажном носителе, содержащего текстовое и графическое описание местоположения границ зоны с особыми условиями использования территории, по-прежнему не была установлена.

С 01.01.2017 вступил в силу Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации» от 03.07.2016 № 361-ФЗ согласно статье 24.1 Требования к карте-плану территории данного закона пункт 18 статьи 32 федерального закона от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» будет дополнен пунктом 18.1, который гласит: «Обязательным приложением к документам (содержащимся в них сведениям), направляемым в орган регистрации прав в соответствии с пунктом 9 части 1 настоящей статьи, являются подготовленные в электронной форме текстовое и графическое описание местоположения границ зон с особыми условиями использования территории, перечень координат характерных точек границ таких зон».

Данный процесс, т.е. процесс «переходного периода», направленный на конкретизацию, упрощение, а также ускорение постановки на ГКУ, с целью недопущения возможности использования охранных зон объектов электросетевого хозяйства не по назначению [9], которое может привести к необратимым отрицательным последствиям, по мнению авторов, является малопрактичным, поскольку затянувшийся период преобразований сильно отражается на работе кадастровых инженеров и сроках постановки на ГКУ вышеназванных зон.

Трудности в работе кадастровых инженеров представлены следующим: 1) трудности с наличием программного обеспечения (отсутствие, затруднения в обновлении и др.) [10], 2) увеличение срока оформления необходимых документов [11], 3) отсутствие сроков действия документов образца, актуального на момент изменений времени.

Выводы. Совершенствование механизмов упрощения строительства, реконструкции, капитального ремонта и (или) эксплуатации линейных объектов, а также кадастрового учета значительно сокращает материальные и временные издержки по оформлению прав на земельные участки с целью строительства, реконструкции и (или) эксплуатации линейных объектов и способствует ускорению процесса постановки охранной зоны объекта ЭСХ на кадастровый учет.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сулин М.А., Степанова Е.А. Кризисные явления в теории и практике современного землеустройства // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях. 2017. С. 327-329.
2. Горбунова Н.О. Предоставление земельных участков под строительство и эксплуатацию промышленных объектов в Северо-Западном регионе РФ // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2016. № 2. С. 12-14.
3. Козырева Е.В. Землеустроительные действия при установлении охранных зон объектов инженерной инфраструктуры // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава СПбГАУ. 2015. С. 153-158.
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. Гарманов В.В., Терлеев В.В. Влияние зоны с особыми условиями использования земель на их стоимость // Сб. Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы международного конгресса: материалы для обсуждения. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 240-241.
6. Заварин Б.В., Аслаханов А.Н., Терлеев В.В. Оценка экономической целесообразности использования рекультивированных земель // Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. 2015. С. 186-188.
7. Гарманов В.В., Богданов В.Л., Заварин Б.В. Обоснование экономической целесообразности использования нарушенных земель // Науки о Земле. 2015. № 4. С. 7-10.
8. Шишов Д.А., Козырева Е.В. Актуальные вопросы современной концепции земельно-правового регулирования в РФ // Сб. Сельское хозяйство – драйвер российской экономики: Материалы для обсуждения и выработки решений. Оргкомитет международной агропромышленной выставки-ярмарки «Агрорусь-2016». 2016. С. 86-88.
9. Павлова В.А., Уварова Е.Л., Шишов Д.А. Кризисные явления в межотраслевом перераспределении земельных ресурсов (по материалам Ленинградской области) // Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 32. С. 77-82.
10. Уварова Е.Л. Особенности реализации комплексных кадастровых работ по формированию земельных участков // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной НПК профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях. 2017. С. 353-355.
11. Павлова В.А. Состояние и перспективы развития института кадастровых инженеров в России (на примере Ленинградской области) // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2014. № 7 (154). С. 6-13.

РЕСТРУКТУРИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ УЧЕТНОЙ ПОЛИТИКИ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОЦЕДУР КАДАСТРОВОГО УЧЕТА И РЕГИСТРАЦИИ ПРАВ НА СУЩЕСТВУЮЩИЕ И ВОЗВОДИМЫЕ ОБЪЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА

Введение. Анализируемые изменения в действующих алгоритмах кадастрового учета и регистрации прав на объекты недвижимости predetermined двойным правовым регулированием учетно-регистрационной сферы недвижимости, сложностью и длительностью процедуры регистрации недвижимости, необходимостью заявителя для поставки недвижимости на государственный кадастровый учет и регистрации прав на недвижимое имущество обращаться в государственный орган, расположенный исключительно по месту нахождения недвижимого имущества, хранением сведений, составляющих данные реестров, в бумажном виде, что зачастую приводило к утрате или искажению сведений, отсутствием четкой ответственности регистрирующего органа.

Относительно земельных участков такая тенденция связана с тем, что до сих пор не предоставлялась возможность осуществления кадастрового учета земельных участков в связи отсутствием информации о пересечении границ зон и административно-территориальных образований; в том числе – что изначально не были установлены единые требования к системам координат, в которых выполнялись документы территориального планирования [1], зонирования и государственного кадастра недвижимости; отсутствие в ГКН и ЕГРП полных и достоверных сведений о земельных участках, при существенных тратах бюджетных средств на компьютерную технику и программное обеспечение для ведения ГКН [2].

Цель работы – проанализировать последние новации в системе правотворческой деятельности в аспекте рационализации правовых алгоритмов учетной функции государства, применительно к процедурам кадастрового учета и регистрации прав на объекты строительной деятельности.

Ежегодно Российское законодательство претерпевает изменения в сфере недвижимого имущества [3]. Масштабность правовых нововведений затрагивает разные области ведения кадастровой деятельности, в особенности – системы учета кадастра недвижимого имущества и регистрации прав на такие объекты. В перспективе российские землепользователи и специалисты в сфере использования и охраны земельных ресурсов «ожидают» подтверждения (неподтверждения) волеизъявления государства в отношении судьбы категорий земель [4].

Результаты. Государственное регулирование представляет собой целенаправленное воздействие государственных органов на земельные отношения для достижения земельного правопорядка. При этом необходимо отметить, что при управлении природными ресурсами государство основывается на принципе территориального верховенства и охватывает все земли (вне зависимости от субъектов права собственности на эти земли) [5].

Как известно, с 15 июля 2016 года в соответствии с изменениями в Федеральном законе от 21.07.1997 № 122-ФЗ «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним», свидетельства о государственной регистрации права на недвижимое имущество прекратили свое существование. А именно: в силу корректировок регистрация, подтверждающая возникновение, а также переход прав на недвижимое имущество удостоверялась выпиской из Единого государственного реестра прав на недвижимое имущество (далее – выписка из ЕГРП). Данный правоудостоверяющий документ теперь предоставляется и в электронной форме, и, по-прежнему, – в бумажном виде. Вместо презентабельного бланка, на котором подтверждались права владения собственника, «на

выходе» – сведения на бумажном носителе, которые, по сути, мог сформировать любой гражданин, владеющий навыками владения компьютером. Нужно отметить, что такое изменение не устроило многих собственников, воспользовавшихся данной услугой, равно как и выдающих регистрационный документ.

В соответствии с Федеральным законом от 13.07.2015 №251-ФЗ «О внесении изменений в статью 16 Федерального закона «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним» и статью 45 Федерального закона «О государственном кадастре недвижимости» (на момент 01.01.2017 года утративший силу), в котором говорится, что до конца 2016 года собственникам земельных участков было необходимо внести сведения в ЕГРП иначе, земельные наделы могли перейти в муниципальную собственность, т.к. приобретали статус «бесхозные» [6-8]. Избежать такой участи можно при передаче органам государственной регистрации прав сведений в течение 5-ти лет после постановки на кадастровый учет. Многообещающим и долгожданым стало введение с 1 января 2017 года федерального закона № 218-ФЗ от 13.07.2015 «О государственной регистрации недвижимости» (далее – 218-ФЗ).

Кардинальные изменения затронули процедуры подачи документов. Так, появилась возможность обращения в многофункциональные центры «Мои документы» (далее – многофункциональный центр), расположенные на всей территории Российской Федерации.

Функционирование Федерального закона от 24.07.2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости», являющемся основой для реализации кадастровых отношений на территории Российской Федерации, также претерпело изменения с 01.01.2017 г. Учитывая произошедшие перемены, закон переименован на Федеральный закон от 24.07.2007 г. № 221-ФЗ «О кадастровой деятельности» (далее – 221-ФЗ), который стал регулировать деятельность не только кадастровых инженеров, но и саморегулируемых организаций, вступление в которые является неотъемлемой частью для осуществления кадастровой деятельности [9]. Осуществление с 01.01. 2017 г. Федерального закона от 3 июля 2016 г. № 237-ФЗ «О государственной кадастровой оценке» (далее – 237-ФЗ) требует плавного перехода в соответствии с законодательством до 01.01.2020 г.

В течение данного периода предусмотрено проведение государственной кадастровой оценки в соответствии с 237-ФЗ, не исключая возможность любого субъекта Российской Федерации придерживаться Федерального закона от 29.07.1998 г. №135-ФЗ «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» (далее – 135-ФЗ). 237-ФЗ предполагает появление на территории Российской Федерации государственных бюджетных учреждений (далее – ГБУ) [10]. Изменения затронули также Федеральный закон от 30.12.2015 № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Стоит отметить, что также изменились требования к подготовке материалов для прохождения кадастрового учета земельных участков и объектов капитального строительства.

Так, например, вступили в силу новые требования к подготовке межевых планов, установленные Приказом Минэкономразвития РФ от 08.12.2015 г. № 921 «Об утверждении формы и состава сведений межевого плана, требований к его подготовке».

Выводы. Подводя итоги, можно заключить, что с 1 января 2017 года на территории Российской Федерации формируется такое понятие, как учетно-кадастровая деятельность, которую можно определить как совокупность действий специально уполномоченных лиц и органов, направленных на реализацию функций по регистрации легитимного права на объект недвижимости на основе проведения кадастрового учета соответствующих объектов.

В силу вступления новых законопроектов и готовящихся нововведений, которые за последние годы сделали прорыв в сфере земельных правоотношений, нужно отметить, что отсутствие ранее принятых управленческих решений в системе налогообложения привело к

некорректным алгоритмам, используемых для взимания налогов и сборов с объектов недвижимого имущества. Относительно земельных участков такая тенденция связана с тем, что не предоставлялась возможность осуществления кадастрового учета земельных участков в связи отсутствием информации о пересечении границ зон и административно-территориальных образований; в том числе – что изначально не были установлены единые требования к системам координат, в которых выполнялись документы территориального планирования, зонирования и государственного кадастра недвижимости; отсутствие в ГКН и ЕГРП полных и достоверных сведений о земельных участках, при существенных тратах бюджетных средств на компьютерную технику и программное обеспечение для ведения ГКН.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Уварова Е.Л. Территориальное планирование как важный элемент устойчивого развития // Политехническая неделя в Санкт-Петербурге: Материалы научного форума с международным участием. 2016. С. 348-350.
2. Мордвинцев А., Зейналов И., Шишов Д. Реформирование земельно-правовых отношений на современном этапе // Международный сельскохозяйственный журнал. 2005. № 1. С. 55-57.
3. Гарманов В.В., Осипов А.Г., Терлеев В.В., Грик А.Р. Технология создания цифровой картографической основы на базе архивных фоновых материалов // Известия СПбГАУ. 2017. № 2 (47). С. 268-275.
4. Павлова В.А., Уварова Е.Л., Шишов Д.А. Кризисные явления в межотраслевом перераспределении земельных ресурсов (по материалам Ленинградской области) // Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 32. С. 77-82.
5. Шишов Д.А., Козырева Е.В. Некоторые аспекты практики внесения изменений в земельное законодательство // Сборник докладов молодежной научно-практической конференции в рамках XLIII Недели науки СПбПУ. 2014. С. 44-46.
6. 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. 2016. С. 29-33.
7. Шишов Д.А. Некоторые аспекты реализации современной концепции управления земельным фондом Российской Федерации // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. 2016. С. 182-185.
8. Шишов Д.А. Парадоксы государственной политики Российской Федерации по управлению земельным фондом государства // Известия СПбГАУ. 2016. № 43. С. 299-303.
9. Шишов Д.А., Плотникова А.Ю. Кадастр объектов недвижимости в Российской Федерации (правотворческая и правоприменительная практика) // Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 33. С. 128-132.
10. 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.

УДК 349.6

Б.В. Заварин, А.С. Малыгина
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗЪЯТИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ НУЖД

Введение. В территориальном планировании особое внимание уделяется деятельности органов государственной власти или органов местного самоуправления по размещению объектов для государственных и муниципальных нужд. В результате изъятия такого участка у граждан или юридических лиц прекращается право собственности либо право постоянного (бессрочного) пользования, пожизненного владения, а также происходит досрочное

прекращение договора аренды земельного участка, который находился в государственной или муниципальной собственности, либо договора безвозмездного пользования. При этом особое внимание необходимо уделять экологической составляющей изъятия земельных участков, так как такой процесс предполагает строительство объектов федерального и местного значения, которые могут оказать негативное влияние на окружающую среду, а смена категории (или вида разрешенного использования) кардинально изменяет поведение субъектов земельных отношений в отношении экологической составляющей.

Актуальность работы обосновывается тем, что вопрос изъятия земельных участков для государственных и муниципальных нужд остается открытым. Несмотря на совершенствование земельного законодательства все еще существуют проблемы при изъятии земельных участков, зачастую нарушаются права собственников земельных участков при расчете денежной компенсации [1, 2]. Также незащищенными гражданами являются лица, не зарегистрировавшие право собственности.

Цель работы – проведение анализа процесса изъятия земельного участка для выявления недостатков в законодательстве с акцентом на экологическую составляющую вопроса.

Результаты. Изъятие земельных участков в пользу государственных интересов осуществляется в исключительных случаях. Таковыми случаями являются: 1) выполнение международных обязательств РФ на основании договоров; 2) строительство либо реконструкция объектов государственного и местного значения, при этом должны отсутствовать другие возможные варианты для строительства или реконструкции.

Во-первых, изъятие земель для государственных и муниципальных нужд с целью строительства и реконструкции допускается при условии, что объекты строительства и реконструкции предусмотрены документами территориального планирования и проектами планировки территории [3]. Во-вторых, принятие решения об изъятии земельного участка обосновывается: 1) созданием или расширением особо охраняемой природной территории; 2) международными обязательствами; 3) лицензией на использование недр; 4) строительством и реконструкцией объектов государственного значения; 5) признанием аварийным многоквартирного дома.

Изъятие осуществляется по решениям органов исполнительной власти или органов местного самоуправления, которые принимаются как по их собственной инициативе, так и на основании ходатайства об изъятии земельных участков для государственных или муниципальных нужд, поданного организациями: 1) являющимися субъектами естественных монополий и обеспечивающих деятельность этих субъектов; 2) уполномоченными в соответствии с нормативными правовыми актами, договорами или соглашениями либо имеющие разрешения (лицензии) осуществлять деятельность; 3) являющимися недропользователями; 4) с которыми заключены договоры о комплексном развитии территории по результатам аукциона на право заключения данных договоров.

Решение или ходатайство об изъятии земель должно содержать цель такого изъятия и может быть подано в отношении одного или нескольких земельных участков. К документам также прилагается проект планировки территории или схема расположения земельного участка на кадастровом плане территории [4].

Стоит отметить, что владельцы земельных участков с незарегистрированными правами на земельные участки подают документы для регистрации прав на земельные участки [5, 6]. В противном случае, не зарегистрированные права не являются препятствием для изъятия земельных участков для государственных и муниципальных нужд.

После выполнения этапа публикации решения об изъятии земельного участка для государственных и муниципальных нужд оформляется соглашение об изъятии земельного участка. Правообладатели изымаемой недвижимости обязаны обеспечить доступ к земельным участкам в целях выполнения кадастровых работ, определения рыночной стоимости такой недвижимости.

Размер возмещения за земельные участки, рыночная стоимость земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности и передаваемых в частную собственность взамен изымаемых земельных участков, рыночная стоимость прав, на которых предоставляются земельные участки, находящиеся в государственной или муниципальной собственности, взамен изымаемых земельных участков, определяются в соответствии с законом об оценочной деятельности в Российской Федерации с учетом особенностей.

В настоящее время законодательство не дает исчерпывающего списка оснований для изъятия земельного участка, выделяя основные объекты для строительства и реконструкции, оставляет возможность для вновь возникших оснований путем указания их в федеральном законе [7].

Правообладатель земельного участка и объектов недвижимого имущества, расположенных на нем, самостоятельно несет риск ответственности при неполучении уведомления о принятии решения об изъятии земельного участка, поскольку публичным образованиям достаточно предъявить доказательства о том, что письменное уведомление о принятии решения об изъятии земельного участка направлялось собственнику по месту его жительства, однако правообладатель земельного участка за письмом не явился, и оно было возвращено адресату отделением связи по истечении срока хранения.

Немаловажным обстоятельством является тот факт, что объекты недвижимости, расположенные на изымаемом участке, должны быть зарегистрированы, поскольку, если недвижимость не оформлена по закону, то возмещение не полагается. После получения копии решения об изъятии земельного участка при несогласии правообладатель имеет лишь девяносто дней для оформления незаконных построек.

В законодательстве предусмотрены обязанности субъектов, осуществляющих пользование землей. В частности, лица должны осуществлять мероприятия по: сохранению почвы и ее плодородия; защите земли от ветровой и водной эрозии, подтопления, селей, вторичного засоления, заболачивания, уплотнения, иссушения, загрязнения химическими и радиоактивными соединениями, захламления отходами и прочих негативных факторов, вызывающих ее деградацию; охране сельскохозяйственных территорий от заражения вредителями растений, зарастания сорняками, мелкоколесом и прочего ухудшения состояния [8]; устранению последствий загрязнений, биогенного в том числе, а также захламления земель; обеспечению сохранения надлежащего уровня мелиорации, рекультивации; восстановлению плодородия; своевременному вовлечению наделов в оборот [9]. Исходя из обязанностей, можно предположить, что несоблюдение правил может приводить к нарушению законодательства.

При строительстве объектов налагается сервитут на близлежащие земли для обеспечения доступа к объекту строительной инфраструктуры и дальнейшего обслуживания объектов. Такое временное занятие земель приводит к нарушению использования [10]. Для восстановления земель необходимо проводить мероприятия по рекультивации. К сожалению, в настоящее время в проектах планировки территории не учитываются многие аспекты при изъятии земель, что приводит к значительному негативному воздействию на природную среду объектов строительства.

Выводы. Законодательство в сфере изъятия земель для государственных и муниципальных нужд имеет ряд недочетов. В экологическом аспекте, законодательная основа вполне адекватна. Однако несовершенное планирование и некачественное выполнение обязательств по рекультивации земель приводит к существующим проблемам. Органам государственной власти и лицам, ответственным за территориальное планирование необходимо понять, что в первую очередь необходимо рассматривать экологическое воздействие проектируемых объектов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гарманов В.В., Богданов В.Л., Заварин Б.В. Обоснование экономической целесообразности использования нарушенных земель // Науки о Земле. 2015. № 4. С. 7-11.
2. Павлова В.А. Формирование стоимости земельного участка в системе управления земельными ресурсами // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2008. № 8. С. 32-35.
3. Уварова Е.Л. Территориальное планирование как важный элемент устойчивого развития // Политехническая неделя в Санкт-Петербурге: Материалы научного форума с международным участием. 2016. С. 348-350.
4. Шигонина Л.А., Новохацкая И.П. Правовые аспекты изъятия земельных участков для государственных и муниципальных нужд // Российский государственный университет правосудия. 2017. С. 295-304.
5. 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.
6. Шишов Д.А., Заварин Б.В. Некоторые аспекты становления современной концепции земельно-правового регулирования в РФ // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях. 2017. С. 330-333.
7. Заварин Б.В., Аслаханов А.Н., Терлеев В.В. Оценка экономической целесообразности использования рекультивированных земель // Неделя науки СПбПУ: Материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. 2015. С. 186-188.
8. Шишов Д.А. Продовольственная безопасность государства в аспекте трансформации земельно-правовых отношений // Международный сельскохозяйственный журнал. 2005. № 5. С. 41-43.
9. Шишов Д.А., Андреев Н.Р. Модель механизма управления производительным потенциалом на основе экологизации землепользования // Юридическая мысль. 2013. № 3 (77). С. 84-92.
10. Nikonov A., Terleev V., Pavlov S. et al. Applying the model of soil hydrophysical properties for arrangements of temporary enclosing structures // Procedia Engineering. 2016. Vol. 165. P. 1741-1747.

УДК 336.22, 504.062

Б.В. Заварин, Г.Г. Федоров

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ФИСКАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ГОСУДАРСТВА В ЭКОЛОГИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Введение. Актуальность темы обуславливается тем, что (несмотря на все научные и практические разработки по взиманию платы за землю в аспекте экологических систем землепользования в Российской Федерации) имеющиеся проблемы по данному вопросу не нашли своего полного разрешения. Некоторые вопросы остаются спорными.

Целью работы является рассмотрение существующей системы взимания платы за землю, выявление актуальных проблем, возникающих в ходе начисления земельного налога, а также поиск путей совершенствования механизма взимания платы за землю и ее дифференциации при производстве экологически безопасной продукции в АПК.

Задачами в связи с указанной целью являются:

- 1) рассмотреть основные аспекты фискальной политики государства;
- 2) выявить недостатки законодательной базы в сфере взимания платы за землю;
- 3) проанализировать динамические данные земельного фонда российской федерации;
- 4) проследить влияние системы налогообложения на экологическую составляющую землепользования.

Теоретико-методологическую основу составляют: законодательство в сфере взимания платы за землю; зарубежный опыт по данному вопросу; статистические данные, основанные

на национальных докладах о состоянии и использовании земельных ресурсов и докладах Федеральной налоговой службы о начислении и поступлении налогов в консолидированные бюджеты Российской Федерации.

Результаты. При исчислении земельного налога нужно учитывать следующие положения.

- Рациональность использования земельного участка. В этом пункте себя и находит экологическая составляющая землепользования. Бесконтрольный внос удобрений с целью увеличения прибыли за счет объемов производства, может быть, и даст большой выход продукции, но качество такого продукта упадет. Не говоря уже о состоянии земель, где он произрастает [1].

- Полноту использования земельного участка.

- Используется ли земельный участок по назначению или держится в собственности для выгодной продажи. Если речь идет о дальнейшей застройке данной территории, то тогда требуются введение компенсации или увеличение ставки земельного налога (при переводе сельскохозяйственных земель в другие категории) с целью освоения новых территорий для сельскохозяйственного производства [2, 3]. Необходимо доработать существующую или продумать путь развития совершенно новой системы взимания платы за землю, а именно: а) следует снизить или полностью освободить от уплаты земельного налога на начальном этапе становления сельскохозяйственного производства лица, заинтересованного в данном виде производства [4] (особенно важно поощрять землепользователей, которые стараются создать экологически чистое производство сельскохозяйственной продукции с частичной или полной утилизацией органических отходов [5]); в целях защиты земель сельскохозяйственного назначения поднять минимальный срок аренды земель данной категории до 8-10 лет.

Доля земель, находящихся в собственности граждан, постепенно снижается, а их место занимают земли, принадлежащие юридическим лицам. Это является показателем того, что граждане не заинтересованы в использовании земель сельскохозяйственного назначения. Из-за низкой рентабельности сельского хозяйства и долгого срока окупаемости частные предприниматели чаще всего выбирают другие ниши. Конкуренция у отечественных товаропроизводителей практически отсутствует. Крупные агрохолдинги сильно загрязняют окружающую среду в силу огромных объемов производства и колоссального количества вносимых удобрений, ядохимикатов, а также большой долей использования сельскохозяйственной техники [6]. Конкурентоспособность фермеров будет заключаться не в больших объемах, а в производстве экологически чистой продукции. Также при наращивании производственных мощностей фермерам необходимо предусмотреть землеустроительные решения, направленные на децентрализацию производства с целью создания такой структуры (отдельные ячейки в разных регионах), которая будет экологически чистой и легко перепрофилируемой [7].

Система налогообложения в сфере использования земельных ресурсов нуждается в доработке и должна нести не только функцию пополнения бюджета государства, но также иметь императивный и диспозитивный характер влияния на землевладельцев и землепользователей в целях сохранения производительного потенциала земельных ресурсов и их экологического состояния и, опять-таки – обеспечения страны экологически чистой продукцией [8]. Экологически чистая продукция будет способствовать улучшению качества жизни людей. Также косвенно будет повышаться экологическое состояние района в связи с сокращением использования вредных веществ [9, 10].

В Псковской области, находящейся в зоне критического земледелия, заинтересованность государства в использовании земель сельскохозяйственного назначения достаточно велика. Следует задуматься о более активной передаче данных земель в пользование граждан, но с жестким контролем с целью защиты земель сельскохозяйственного назначения от неправомерного антропогенного воздействия. По нашему мнению, следующие мероприятия по защите земель данной категории окажутся правильными. При необходимости застройки

земель сельскохозяйственного назначения следует ввести покупку права на частичную застройку сельскохозяйственных земель. Это поспособствует привлечению дополнительных средств в местные бюджеты, позволит осваивать новые земли для ведения сельского хозяйства и появится возможность активно восстанавливать нормальную экологическую обстановку в регионах, где это крайне необходимо (проблема с увеличением поступления вредных веществ в водные объекты Псковской области).

На участки, которые используются не по назначению, ввести санкции в виде коэффициентов, повышающих ставку земельного налога, а также – понижение земельного налога для тех, кто активно вовлекает технологии, позволяющие экологизировать процесс обработки земель. Повышение налога для землепользователей, кто намеренно не следит за чистотой хозяйственной деятельности, которая, в свою очередь, приводит к серьезным экологическим проблемам не только своего земельного участка, но и других землевладельцев. Особенно это касается землепользований, находящихся вблизи водных объектов или на участках с высоким уровнем грунтовых вод. Освобождение от санкций будет лежать на плечах самого собственника земельного участка, если он не выполнит все требования по соблюдению экологических норм.

Выводы. На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы: 1) при дифференцировании земельного налога заинтересованность в органическом производстве будет гораздо выше, чем есть на данный момент, 2) вследствие экологизации производства при АПК будут формироваться экологически чистые агроландшафты, 3) следует более жестко проводить процесс изъятия земельных участков при серьезных нарушениях экологической обстановки с введением санкций на землепользователя по восстановлению прежнего состояния земель.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Nikonorov A., Terleev V., Pavlov S., et al. Applying the model of soil hydrophysical properties for arrangements of temporary enclosing structures // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 165. P. 1741-1747.
2. Шишов Д.А. Ландшафтный подход к использованию сельскохозяйственных земель как основа экологизации аграрного производства // *Политехническая неделя в Санкт-Петербурге: Материалы научного форума с международным участием. Кафедра водохозяйственного и гидротехнического строительства*. 2016. С. 330-332.
3. Шишов Д.А., Шишов А.Д., Козырева Е.В. Формирование механизмов взаимодействия землеустроительных и инвестиционных структур в контексте задач повышения ликвидности земельных участков // *Вестник Института экономики и управления Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого*. 2013. № 2. С. 74-81.
4. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Фермерство как генезис капиталистических отношений в России // *Известия СПбГАУ*. 2015. № 40. С. 180-186.
5. Шишов Д.А., Котова М.И. Правовое регулирование механизма взимания земельного налога в Санкт-Петербурге // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2013. Т. 1. № 16. С. 145-149.
6. Сулин М.А., Степанова Е.А. Кризисные явления в теории и практике современного землеустройства // *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях*. 2017. С. 327-329.
7. Шишов Д.А., Заварин Б.В., Козырева Е.В. Вопросы землеустроительной деятельности в аспекте реализации задач регулирования рынка недвижимости // *Известия СПбГАУ*. 2013. № 32. С. 210-214.
8. Аслаханов А.Н., Терлеев В.В., Степанова Е.А. Оценка влияния техногенного нарушения земель на их кадастровую стоимость // *Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции молодых ученых*. 2017. С. 186-189.
9. Зейналов П.М., Кружалова Л.В., Шишов Д.А. Правовые основы земельных реформ // *Аграрная наука*. 2003. № 11. С. 29-31.
10. Шишов Д.А., Козырева Е.В. Некоторые аспекты практики внесения изменений в земельное законодательство // *Сборник докладов молодежной научно-практической конференции в рамках XLIII Недели науки СПбПУ*. 2014. С. 44-46.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В АПК ГОСУДАРСТВА

Введение. Наличие специальных эколого-правовых механизмов охраны земель сельскохозяйственного назначения вызвано потребностью сохранения и передачи последующим поколениям уникального природного ресурса – плодородие почвы. Обеспечение продовольственной безопасности государства, является на сегодняшний день одним из направлений государственной политики, а реализация этого направления привела к созданию комплекса экологизированных нормативно-правовых актов, регулирующих данный вид общественных отношений.

Цели работы – анализ результатов экологической эффективности использования сельскохозяйственных земель в АПК государства.

Сельское хозяйство всегда было одной из отраслей, к которой исторически было приковано повышенное внимание. Проблема продовольственной безопасности нашей страны является одной из важнейших проблем и требует безотлагательного решения.

В последние несколько лет наблюдается тенденция сокращения общей площади сельхозугодий. Проследим динамику за 2013-2016 гг.

Таблица 1

Динамика земель сельскохозяйственного назначения

Дата	На 1 января 2013 г.	На 1 января 2014 г.	На 1 января 2015 г.	На 1 января 2016 г.
Площадь, млн. га	389,0	386,1	385,5	386,5

Несмотря на незначительный рост в последние годы, в целом площадь сельскохозяйственных земель за последние 25 лет сократилась на 251,2 млн. га (в 1990 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения составляла 637,7 млн. га). При этом не существует тенденция деградации почв, которая выражается в эрозии, уплотнении и засолении, вымывании органических и питательных веществ, загрязнении и ряде других процессов [1, 2]. Данные негативные факторы связаны, в первую очередь, с воздействием человека, нестабильной практикой управления земельными ресурсами, в частности, – перевыпасом, сведением лесов, чрезмерной эксплуатацией растительного покрова, сельскохозяйственной деятельностью, промышленным производством.

Анализ текущего состояния земель сельскохозяйственного назначения свидетельствуют о том, что основные тенденции ухудшения экономической и экологической обстановки в отрасли могут сохраняться, в связи с чем необходимо принимать действенные меры по стабилизации и сохранению земель [3]. Эта задача осложняется отсутствием систематического ежегодного мониторинга качественного состояния земель сельскохозяйственного назначения и эффективности их использования [4-6].

Стимулом для сохранения и эффективного использования сельскохозяйственных земель является ряд социально-экономических причин, на которые повлияли различные факторы [7, 8]. Для дальнейшего эффективного подъема агробизнеса необходима разработка мероприятий государственной политики, направленных на улучшение использования земельных ресурсов, повышение целевого использования земель, создания территориальных условий для функционирования сельскохозяйственного производства, развития и совершенствования законодательства в сфере правового регулирования земель сельскохозяйственного назначения.

На наш взгляд, наиболее емко и точно характеризует состояние сельского хозяйства и является индикатором состояния АПК в целом площадь посевов сельскохозяйственных культур. Федеральной службой государственной статистики с 1990 года фиксируется спад посевных площадей всех сельскохозяйственных культур. Ниже представлен рис. 1 наглядно отображающий динамику изменения посевных площадей с 1990 по 2015 годы.

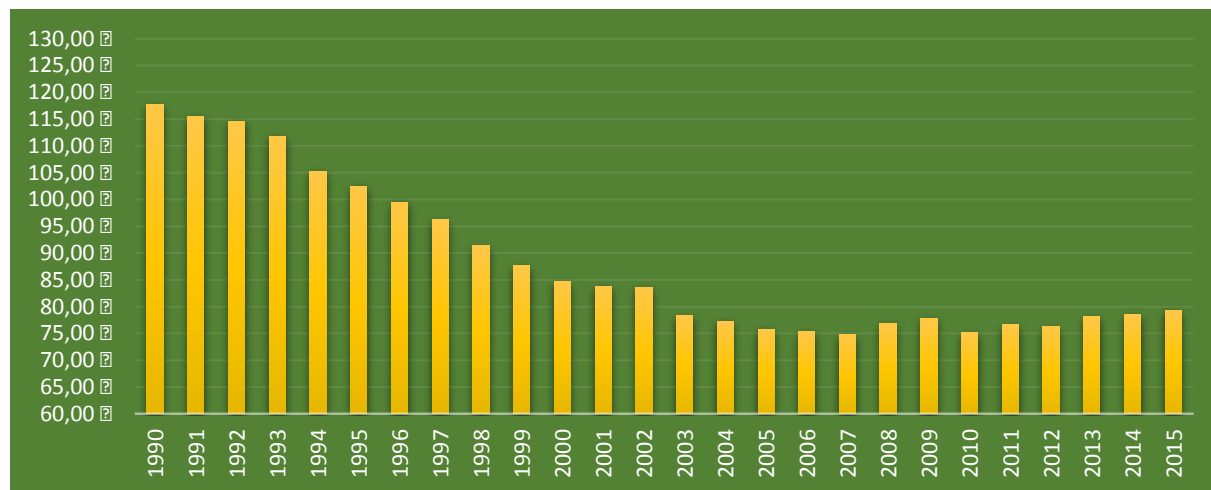


Рис. 1. Общая посевная площадь сельскохозяйственных культур по Российской Федерации

Как можно видеть на рисунке, большая часть периода – отрицательная динамика: наблюдается снижение площадей, что является признаком упадка сельского хозяйства. К концу 2015 года посевная площадь составляет 79.3 млн. га. Это – чуть больше половины относительно прежних показателей. Также мы считаем, что официальные показатели несколько завышены, а реальная ситуация может быть более проблематичной.

18 января 2016 года был опубликован пресс-релиз Счетной палаты Российской Федерации под заголовком «В целом по Российской Федерации не используется по целевому назначению более 56 млн. га земель сельскохозяйственного назначения (14.5%)». Согласно данным Минсельхоза России площадь земель сельскохозяйственного назначения на 1 января 2015 г. составила 385.5 млн. га, в том числе сельхозугодий – 196.2 млн. га (50.9%).

Обращает на себя внимание низкая результативность действующего механизма изъятия неиспользуемых земель. Так, в 2014 г. Россельхознадзором было выявлено 1400 нарушений на площади 138.6 тыс. га (0.2% от неиспользуемых земель), за 9 месяцев 2015 г. – 3464 нарушения на площади 759.4 тыс. га (1.4%). При этом инициировано изъятие 10.4 и 8.31 тыс. га земель, соответственно, т.е. только в 7.5% и 1.1% случаев.

Результаты. Из анализа статистики следует: несмотря на рост показателей производства, произошло и возрастание импорта. На наш взгляд, эти факторы должны иметь обратную зависимость: растет производство – уменьшается импорт. Для того, чтобы восстановить сельскохозяйственную независимость страны, необходимо вовлекать в оборот ранее используемые сельскохозяйственные земли, а также обеспечить охрану и эффективное и рациональное использование нынешних сельскохозяйственных земель [9, 10].

Экологическая эффективность использования земель – это взвешенное, научно обоснованное, экологизированное, плановое землеиспользование, осуществляемое, с одной стороны, с учетом долгосрочных экономических интересов общества, с другой стороны, – реализуемое с учетом объективных законов природы в системе органического земледелия.

Выводы. В целом рациональность использования природных ресурсов трактуется как природопользование с учетом экологических требований, нормативов, стандартов, лимитов.

Но в основе регулирования отношений по сохранению целевого использования сельскохозяйственных земель должны лежать не столько запреты совершать те или иные действия, сколько действенные процедуры и ограничения, реализация которых позволила бы исключить случаи нецелевого использования или неиспользования земель рассматриваемой категории, а также минимизировать негативные последствия указанных явлений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Nikonorov A., Terleev V., Pavlov S., et al. Applying the model of soil hydrophysical properties for arrangements of temporary enclosing structures // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 165. P. 1741-1747.
2. Terleev V., Nikonorov A., Togo I., et al. Modeling the hysteretic water retention capacity of soil for reclamation research as a part of underground development // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 165. P. 1776-1783.
3. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Фермерство как генезис капиталистических отношений в России // *Известия СПбГАУ*. 2015. № 40. С. 180-186.
4. Шишов Д.А., Андреев Н.Р. Инновационные аграрные технологии (экологический аспект) // *Известия СПбГАУ*. 2010. № 19. С. 233-235.
5. Шишов Д.А., Андреев Н.Р. Ресурсные составляющие производственного потенциала АПК в системе детерминированных связей // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2012. Т. 2. № 15. С. 140-145.
6. Шишов Д.А. Экологические особенности использования и охраны земельных ресурсов // *Экономический вестник*. 2003. № 9. С. 165-166.
7. Шишов Д.А. Парадоксы государственной политики Российской Федерации по управлению. Земельным фондом государства // *Известия СПбГАУ*. 2016. № 43. С. 299-303.
8. Шишов Д.А. Некоторые аспекты реализации современной концепции управления земельным фондом Российской Федерации // *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной НПК профессорско-преподавательского состава. Министерство сельского хозяйства РФ СПбГАУ*. 2016. С. 182-185.
9. 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.
10. Шишов Д.А., Заварин Б.В. Эколого-правовые механизмы сохранения производственного потенциала земель // *Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы международного конгресса. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл»*. 2017. С. 334-335.

УДК 332.145

Е.В. Козырева, З.О. Годизов, А.Е. Костицына
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В АСПЕКТЕ ФОРМИРОВАНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ

Введение. Сельскохозяйственное природопользование на протяжении истории человеческого общества представляет собой одну из основных причин антропогенного изменения природных систем. В настоящее время сельскохозяйственное природопользование почти везде приводит к усугублению различных экологических проблем, таких как ослабление природно-ресурсных возможностей земель, сокращение производительности и устойчивости природных систем, формирование процессов опустынивания, загрязнение почв, поверхностных и подземных вод химическими отходами, обезлесение и неравномерное использование земель [1].

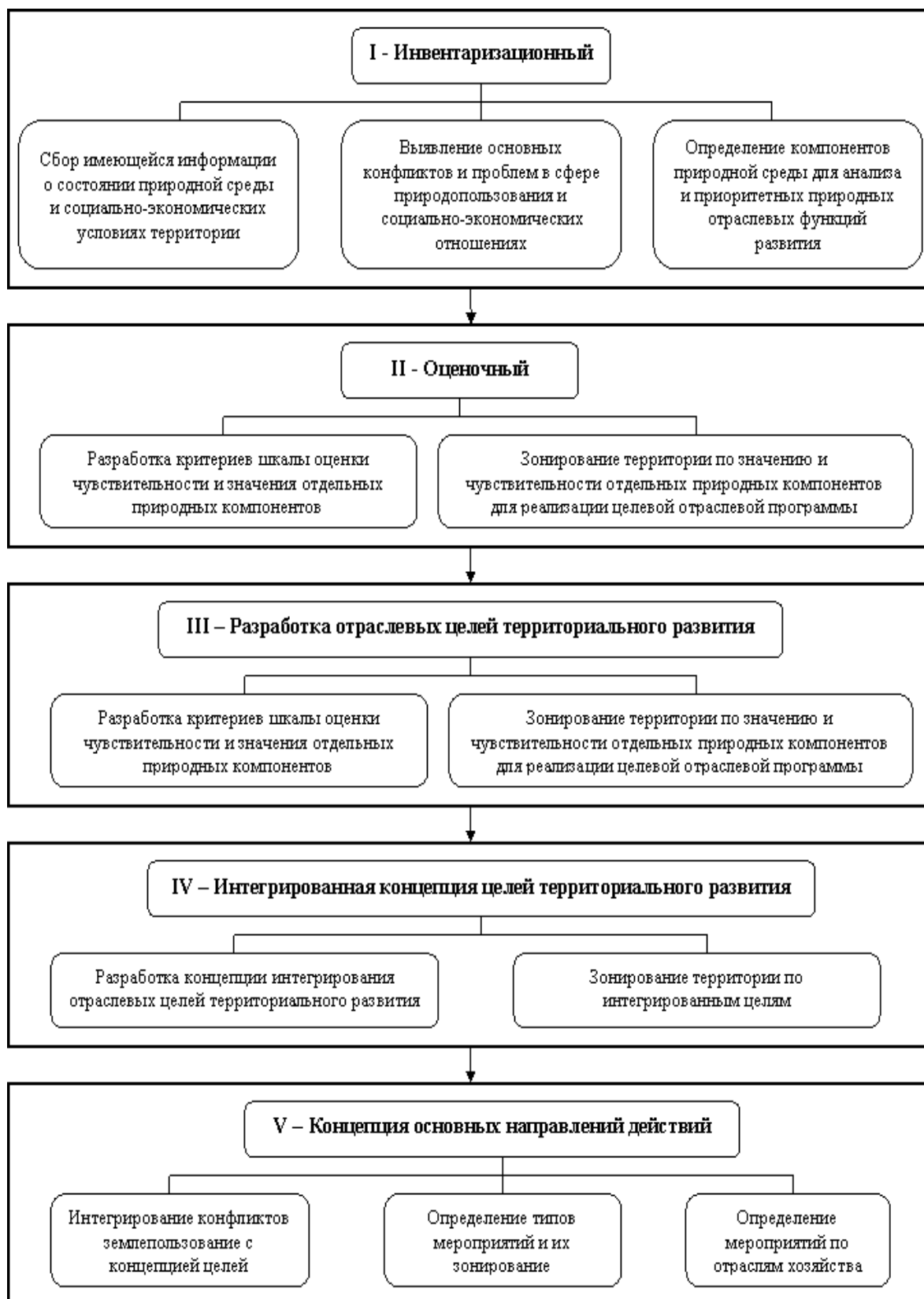


Рис. 1. Этапы ландшафтного планирования территории

Проблемы экологизации использования и охраны природных ресурсов в настоящее время активно учитываются на федеральном уровне при формировании и осуществлении государственных программ эффективного управления ресурсным потенциалом страны [2, 3].

В свой черед, ухудшение экологического положения природной среды отражается на экономической результативности сельского хозяйства. Самым перспективным вариантом решения проблем является интеграция ландшафтного планирования – приспособления учитывающего ландшафтно-экологические и социально-экономические аспекты природопользования [4].

Цели работы. Главная цель исследования ландшафтного планирования является разработка интегральной концепции устойчивого развития территорий, ориентированных на восстановление и сохранение природного потенциала. Ее реализация возможна при одновременном решении двух взаимосвязанных задач: зонирование территории и разработка концепции социально-экономического развития территории [5].

Для достижения выше озвученной цели потребуются решить следующие задачи:

- обнаружить и описать по результатам элементов природы ее возможность переносить нагрузки, проанализировать связь между почвой, водой, воздухом и климатом, растительностью и животным миром и т.д.;
- устанавливать действие на эту систему существующих и планируемых форм сельскохозяйственного воздействия;
- исследовать национальный и иностранный опыт ландшафтного планирования и приспособить его для достижения целей гармоничного сельскохозяйственного природопользования;
- проанализировать возможную природную стойкость ландшафтов к сельскохозяйственному влиянию и выполнить оценку видов и степени сельскохозяйственных воздействий на ландшафты;
- при создании концепции развития территории определить конкретные признаки качества природы и ландшафта, к которым надо стремиться, для того что бы позволить длительное использование территории;
- предполагаемое ландшафтное планирование должно подытожить и соединить природоохранные условия и способы по уходу за ландшафтом и позволить создать определенный баланс между этими требованиями и рекомендациями разнообразных планов по эксплуатации территории [6], оно обязано формировать базу для рационального принятия решений по поводу законности решений природопользователей [7].

Результаты. В настоящее время ландшафтное планирование сосредоточено на осуществлении логически связанных шагов и мероприятий на какой-либо территории. Этот алгоритм состоит из пяти связанных и последовательных этапов (рис. 1).

Выводы. Ландшафтное планирование – это единственный вид планирования, который комплексно анализирует все основные направления охраны окружающей среды от видов и биотипов, почв и климата и демонстрирует суждения о них в конкретной пространственной форме [8-10].

Совершенствование сельскохозяйственного природопользования на протяжении последних столетий привело к нарушению природно-экологического равновесия между устойчивостью природных систем и сельскохозяйственным влиянием на них, что впоследствии вызвало деградацию агроландшафтов, а также понижение их производственного потенциала и продуктивности из-за ошибочного территориального планирования. Предотвратить это, можно было бы путем соблюдения всех этапов и шагов ландшафтного планирования и прохождению всех предложенных проектов территорий обязательного «лицензирования». А также должна быть сформирована правовая база, специально разработанная для осуществления данного планирования данного типа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Nikonorov A., Terleev V., Pavlov S., et al. Applying the model of soil hydrophysical properties for arrangements of temporary enclosing structures // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 165. P. 1741-1747.
2. Шишов Д.А., Козырева Е.В. Алгоритмы формирования и реализации Российской земельной политики (на примере динамики использования категории земель сельскохозяйственного назначения) // *Известия СПбГАУ*. 2017. № 2 (47). С. 259-267.
3. Шишов Д.А. Некоторые аспекты реализации современной концепции управления земельным фондом Российской Федерации // *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. Министерство сельского хозяйства РФ, СПбГАУ*. 2016. С. 182-185.
4. Лопырев М.И. Основы агроландшафтного земледелия. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1995. – 339 с.
5. 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. ИСИ*. 2015. С. 189-191.
6. Гарманов В.В., Осипов А.Г., Терлеев В.В., Грик А.Р. Технология создания цифровой картографической основы на базе архивных фондовых материалов // *Известия СПбГАУ*. 2017. № 2 (47). С.268-275.
7. Шишов Д.А. Ландшафтный подход к использованию сельскохозяйственных земель как основа экологизации аграрного производства // *Политехническая неделя в Санкт-Петербурге материалы научного форума с международным участием. Кафедра ВиГС*. 2016. С. 330-332.
8. Варламов А.А. Организация территории сельскохозяйственных землевладений и землепользований на эколого-ландшафтной основе. М.: ГУЗ, 1993. 114 с.
9. 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.
10. Экологическая оптимизация агроландшафта / Под ред. В.Е.Соколова. М.: Наука, 1987. 240 с.

УДК 504.062

Е.В. Козырева

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНО-РЕСУРСНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ АПК (МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

Введение. Любое государство в системе реализации эколого-правовых функций, выступающее как суверен в пределах территориальной юрисдикции, создает жесткие механизмы, позволяющие поддерживать всю совокупность субъектов земельно-правовых отношений в рамках установленного правового поля, и тем самым обеспечивает соблюдение конституционных положений в отношении государственной политики в сфере экологического управления земельными ресурсами страны.

Реализация управленческой функции государства в сфере регулирования целевого использования земель, является фундаментальной основой в системе любой из социально-политических формаций, что и определяет актуальность и острый научный интерес к теме экологизации ресурсного потенциала АПК.

По причине активно изменяющейся социально-экономической ситуации и необходимости решения актуальных задач государства требует проработки ряд методических проблем и вопросов формирования эффективного экологического механизма управления земельными ресурсами. А именно – алгоритмы сохранения производительного потенциала земель, используемых (пригодных для использования) в условиях многоукладного сельскохозяйственного производства [1, 2].

Цели работы – анализ методологический аспекта эколого-экономических тенденций управления земельно-ресурсным потенциалом АПК.

Помимо эффективности самой отрасли (количество продукции сельского хозяйства), развития ее материально-технической базы (наличие современной обрабатывающей техники) важнейшее значение имеет целевое назначение самих сельскохозяйственных земель, так как именно этот процесс непосредственно на законодательном уровне регулирует деятельность всей отрасли, являясь эколого-правовым «фундаментом» земли [3, 4].

Задачи формирования эколого-экономически обоснованного механизма регулирования земельных отношений, рационального перераспределения и использования земель на основе действующего законодательства (в аспекте классической концепции рентной теории) предопределены в работах выдающихся экономистов прошлого и современности [5].

Для современных условий характерна широкая трактовка понятий управления земельными ресурсами в целях их экологически рационального, полного и эффективного использования. В первую очередь, означенные институты заложены в системе правотворческой деятельности и предопределяют нормы и принципы современного землепользования, которые следует императивно соблюдать. В результате, помимо научного значения, однозначное определение понятий и критериев оценки способов и методов экологически обоснованного управления земельными ресурсами имеет очевидное практическое значение, поскольку устанавливает детерминированные связи в планировании, прогнозировании и перераспределении земельных ресурсов, а также их охраны и контроля со стороны государства.

В рамках рассматриваемой современной парадигмы земельных отношений государства как основы и содержания существующей общественно-экономической формации, особое место уделяется понятию, содержанию и структуре экологически обоснованного управления земельными ресурсами Российской Федерации, равно как и применяемому инструментарию воздействия на мотивацию субъектов права в сложившихся экономических условиях [6, 7].

В силу различий природных свойств земли и неодинакового ее хозяйственного использования могут возникать самые разнообразные земельные отношения. При этом, в силу политической, экономической и социальной значимости аграрного вопроса и сельского хозяйства преимущественное внимание на всех этапах развития земельных отношений в России уделялось и уделяется отношениям, связанным с использованием земель сельскохозяйственного назначения, составляющих 22.6% земельного фонда страны [8].

Воспроизводство детерминированных экологических связей, рациональное использование и охрана земельных ресурсов, используемых в аграрной сфере, выделяются в самостоятельную народнохозяйственную проблему.

Для определения важнейших направлений поиска решений названных проблем, по нашему убеждению, следует определить цель формирования новых экологически обоснованных земельных отношений, их сущность и содержание, а затем конкретные методы регулирования и управления земельными ресурсами.

Вместе с тем, земельные отношения, включающие в качестве фундаментальной основы отношения земельной собственности, носят объективный характер и являются экономическими. Будучи вовлеченной в сферу производства, земля становится объектом присвоения, т. е. – собственностью, ибо всякое производство есть присвоение индивидуумом предметов природы в той или иной форме.

В соответствии с определением, принятым Институтом законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации, земельные отношения представляют собой отношения между органами государственной власти, местного самоуправления, юридическими лицами, гражданами по поводу владения,

пользования и распоряжения землями, а также по поводу управления земельными ресурсами. Как видим, здесь уже присутствует управленческий аспект [9].

С нашей точки зрения, для того, чтобы выявить реальное содержание земельных отношений, их следует рассматривать в аспекте влияния, оказываемого ими на различные стороны общественной жизни (во всем многообразии форм их проявления).

Результаты. Земельные отношения представляют собой все (любые) формы взаимоотношений между субъектами права в сфере использования и охраны земельных ресурсов, а также неразрывно связанных с ними материальных объектов, природных ресурсов и др., направленные на реализацию эколого-правового императива, обеспечивающего достижение полного, рационального и эффективного использования эколого-экономического потенциала земель в интересах конкретного землепользователя, а также экологических задач общества в целом. Данное определение (при всей неоднозначности его формулировки) достаточно полно отражает сущность земельных отношений как эколого-потенциальной подсистемы общественных отношений, выполняющей целевую функцию с особым механизмом функционирования и регулирования.

Сложность регулирования земельных отношений обусловлена также тем, что они не являются статичными. Особой динамичностью эти отношения обладают в сфере сельскохозяйственного производства, где их главный объект – земля, производительный потенциал которой может оцениваться в зависимости от вышеуказанных условий.

Система использования и охраны земель складывается из организационных, экономических, правовых и иных мероприятий, которые осуществляются исполнительными органами страны, выступающими регулятором рационального использования земельных участков, предотвращения необоснованного изъятия земель из оборота, защиты от вредных воздействий, восстановления продуктивности земель, воспроизводства и повышения плодородия почв [10]. Функции государственного управления в сфере земельных отношений призваны создавать систему земельного правопорядка и обеспечивать его стабильность.

Выводы. Один из главных принципов земельного законодательства РФ есть принцип разграничения земель на сегменты (категории) по целевому назначению, который и лежит в основе необходимости отнесения земли к той или иной категории. Целевое назначение земель является основой правового порядка охраны и использования земель согласно государственному территориальному делению. Другими словами, целевое назначение представляет собой разрешение органа власти, определенное на основании и в предусмотренном законом порядке, на использование земли, земельных участков именно установленным образом. Таким образом, в настоящее время система целевого назначения земель в Российской Федерации есть фундаментальная составляющая всей системы использования (экологизации) и охраны земельных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андреев Н.Р., Шишов Д.А. Инновационные аграрные технологии (экологический аспект) // Известия СПбГАУ. 2010. № 19. С. 233-235.
2. Шишов Д.А., Андреев Н.Р. Ресурсные составляющие производственного потенциала АПК в системе детерминированных связей // Известия Международной академии аграрного образования. – 2012. Т. 2. № 15. С. 140-145.
3. Nikonorov A., Terleev V., Pavlov S., et al. Applying the model of soil hydrophysical properties for arrangements of temporary enclosing structures // Procedia Engineering. 2016. Т. 165. С. 1741-1747.
4. Terleev V., Nikonorov A., Togo I., et al. Modelling the hysteretic water retention capacity of soil for reclamation research as a part of underground development // Procedia Engineering. 2016. Vol. 165. С. 1776-1783.
5. 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.

6. Шишов Д.А. Некоторые аспекты реализации современной концепции управления земельным фондом Российской Федерации // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. 2016. С. 182-185.
7. Шишов Д.А. Парадоксы государственной политики Российской Федерации по управлению земельным фондом государства // Известия СПбГАУ. 2016. № 43. С. 299-303.
8. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Фермерство как генезис капиталистических отношений в России // Известия СПбГАУ. 2015. № 40. С. 180-186.
9. Шишов Д.А., Заварин Б.В. Эколого-правовые механизмы сохранения производительного потенциала земель // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках. 2017. С. 334-335.
10. Шишов Д.А. Экологические особенности использования и охраны земельных ресурсов // Экономический вестник. 2003. № 9. С. 165-166.

УДК 504.4.062.2

А.А. Кулигин, Г.Б. Стрекулев
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

КОНТРОЛЬ ПРЕДПРИЯТИЙ В СФЕРЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Введение. Вода – важнейший природный ресурс, без которого невозможно существование какой-либо формы жизни. Наличие или отсутствие воды оказывает огромное влияние на развитие промышленности и сельскохозяйственного производства. Также без этого ресурса невозможна жизнь человека, флоры и фауны. Гидрографическая среда и формирующиеся под воздействием водных объектов и гидротехнических сооружений сельскохозяйственные ландшафты являются важнейшим объектом в системе управления ресурсным потенциалом сельскохозяйственных территорий [1].

Дефицит пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Все более возрастающие потребности промышленности и сельского хозяйства в воде заставляют ученых всех стран мира искать разнообразные средства для решения этой проблемы [2-6].

Цели работы – проанализировать систему производственного контроля работы предприятий в процессе хозяйственной и иной деятельности на предмет соблюдения требований охраны окружающей среды, установленных законодательством в области охраны окружающей среды.

Приоритетным направлением работы специалистов стало решение проблемы загрязнения водоемов. За период 2015-2016 г. выявлено 800 объектов, осуществлявших сбросы без очистных сооружений, 157 из них в результате принятия мер выполнили предписания.

По окончании проверок было ликвидировано более 700 объектов размещения опасных отходов, находившихся в урезах воды и загрязнявших водные объекты. Мерами прокурорского реагирования пресечено свыше 400 фактов незаконного использования предприятиями и частными лицами подземных вод.

Основные виды загрязнения водных объектов – это: загрязнения нефтью и нефтепродуктами; радиоактивное, биологическое загрязнения и пр. Самым распространенным видом загрязнений вод являются загрязнения бытовыми и промышленными стоками.

Результаты. Промышленный очистной коллектор – это линия, через которую загрязненные стоки очищаются от примесей, которые способны неблагоприятно повлиять на водоемы и на экологическую обстановку. Наибольшую угрозу для экологического состояния водоемов представляют аварии на сооружениях промышленного типа. Последствия таких

чрезвычайных происшествий могут быть крайне непредсказуемыми, так как продуктами производственных процессов являются агрессивные стоки, содержащие токсичные вещества.

Происходить аварии на очистных сооружениях могут по нескольким причинам:

- аварийное отключение электроэнергии;
- износ и морально устаревшие оборудования;
- климатические условия;
- человеческий фактор;
- нарушение нормативной работы очистных сооружений.

В настоящее время сброс сточных вод регламентируется Федеральным законом «О водоотведении». Настоящим Федеральным законом установлены предельные допустимые уровни содержания загрязняющих веществ в сточных водах. Превышение этих уровней недопустимо. Также этим законом регламентируется уровень других негативных воздействий на водные объекты и на иные компоненты природной среды.

Для получения предприятием права на сбрасывание сточных вод в канализацию или какой-либо природный водоем, это предприятие должно получить соответствующее разрешение после определения качественного и количественного состава загрязнителей. Такое разрешение на сброс выдается местными природоохранными органами [7]. В процессе развития предприятия появляется необходимость увеличения и модернизации производственной мощности для повышения производительности.

В этих случаях, согласно действующему законодательству, любое изменение технологии производства требует определения предельно допустимых норм сбросов загрязняющих веществ. Однако некоторые предприятия не спешат предпринимать соответствующие мероприятия, чтобы не превысить допустимые нормы. В результате, практически невозможно определить состав вредных веществ, сбрасываемых длительное время в водоемы [8].

Также вышеизложенное негативно влияет на мелиоративную систему земель; в связи с превышением допустимых показателей происходит заболачивание, что (в зависимости от степени этих процессов) не только снижает урожайность сельскохозяйственных культур, но и приводит к исключению этих земель из оборота [9, 10].

Для решения проблемы загрязнения вод необходимо использовать действенные способы очищения природных вод от различного рода загрязнений. К мероприятиям подобного рода можно отнести следующие виды:

- очистка промышленных и бытовых сточных вод;
- обеззараживание природных вод с помощью химических реактивов;
- откачка загрязненных вод в специальные резервуары или водоносные горизонты;
- развитие в производстве технологий оборотного водоснабжения, не требующего дополнительного водозабора и стока вод.

Для устранения существующих причин загрязнения и истощения водных ресурсов предусмотрена система юридических условий и требований, связанных с использованием и расходом воды. Прежде всего, следует определить обязанности водопользователей в отношении: а) принятия мер по уменьшению расхода воды и созданию современных очистных сооружений; б) сброса сточных вод по разрешению в местах, согласованных с водоохранными органами; в) размещения водозаборов и водовыпусков согласно схемам комплексного использования и охраны водных ресурсов. Дополнительно в рамках совершенствования контроля необходимо ужесточение мер по пресечению несанкционированных сбросов: предприятия должны нести существенную материальную ответственность за несоблюдение экологических норм [11]. Вырученные средства должны направляться на разработку и сооружение новых экологических технологий. За наименьшие сбросы плату следует снижать: это будет служить мотивацией к сохранению экологического баланса [12].

До 1 января 2017 года все объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, должны быть поставлены на государственный учет. Федеральный закон № 219-ФЗ, который ввел это обязательство [13]. При постановке на учет все объекты разделяют на категории в зависимости от уровня воздействия на окружающую среду. Исходя из категории отнесения, юридические лица смогут понимать степень ответственности за загрязнение и рассчитывать на определенные преференции. Так, например, относящиеся к 4 категории предприятия могут избежать плановых проверок государственного экологического надзора.

Выводы. Ужесточение методов контроля предприятий, является приоритетным направлением при создании сбалансированной экологической и промышленной политики [14]. Регулярное проведение планово-диагностических работ, направленных на предотвращение аварийных ситуаций на очистных сооружениях, существенно сократит риски по возникновению подобных чрезвычайных ситуаций. Необходимо внедрять проекты по модернизации предприятий для установления более энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шишов Д.А. Некоторые аспекты реализации современной концепции управления земельным фондом Российской Федерации // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, СПбГАУ. 2016. С. 182-185.
2. Pavlov S., Arlanova M., Nikonorov A., et al. The water exchange and water quality improvement measures on the example of the gulf of Cheboksary // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 106. P. 07014.
3. 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.
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. С. 35-46.
5. 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.
6. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // В сборнике: Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.
7. Уварова Е.Л., Дудник В.Р. Экологический аспект формирования границ земельного участка в населенном пункте // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2017. № 3. С. 59-61.
8. Гарманов В.В. Оценка эколого-экономического ущерба от загрязнения земель // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной НПК профессорско-преподавательского состава. Министерство сельского хозяйства РФ, СПбГАУ. 2016. С. 151-154.
9. Шишов Д.А., Козырева Е.В. Алгоритмы формирования и реализации Российской земельной политики (на примере динамики использования категории земель сельскохозяйственного назначения) // Известия СПбГАУ. 2017. № 2 (47). С. 259-267.
10. Аслаханов А.Н., Терлеев В.В., Степанова Е.А. Оценка влияния техногенного нарушения земель на их кадастровую стоимость // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК: Сборник научных трудов международной НПК молодых ученых. 2017. С. 186-189.
11. Шишов Д.А., Козырева Е.В. Сохранение производительного потенциала сельскохозяйственных земель как системообразующая задача земельной политики государства // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы международного конгресса: материалы для обсуждения. Северо-Западный центр

междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 273-274.

12. Шишов Д.А., Козырева Е.В. Некоторые аспекты практики внесения изменений в земельное законодательство // Сборник докладов молодежной научно-практической конференции в рамках XLIII Недели науки СПбПУ. 2014. С. 44-46.

13. Сулин М.А., Павлова В.А. Охрана земли как важнейшая функция государства // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы международного конгресса. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 321-323.

14. Горбунова Н.О. Особенности установления зон минимальных расстояний линейных объектов (на примере Ленинградской области и Республики Карелия) // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: Материалы НПК профессорско-преподавательского состава СПбГАУ. 2015. С. 143-146.

УДК 339

Н.В. Мильчаков¹, И.А. Журавлева¹, В.В. Терлеев²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АКТУАЛЬНОСТЬ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Введение. В настоящее время кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения имеет большое значение. От стоимости земли зависят финансовые поступления в бюджет муниципальных образований в виде налога. Тем самым улучшается инфраструктура и благоустройство поселений. Государственную кадастровую оценку земель проводят в целях определения кадастровой стоимости участков земли различного целевого назначения, а также для того, чтобы внедрить экономические методы управления земельными ресурсами и повысить эффективность использования земель [1]. Результаты определения кадастровой стоимости затрагивают интересы землевладельцев, собственников земель и землепользователей [2].

Актуальность темы обусловлена тем, что сельское хозяйство является двигателем экономического роста. Один работник сельского хозяйства обеспечивает занятость еще пятерых человек в других сферах производства. Исследования многих ученых, обобщение международного и отечественного опыта убеждают, что устойчивое экономическое развитие любой страны, региона невозможно без эффективного функционирования сельскохозяйственного производства [3, 4].

Целью исследования является привлечение внимания к проблеме кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения.

В исследовании поставлены следующие задачи: 1) критический анализ методики определения кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения; 2) выявление недостатков методики определения кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения.

В процессе проведения данного исследования были использованы картографический и аналитический методы.

Результаты. Технология проведения государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения предусматривает выполнение следующих операций [5]: 1) формирование перечня земельных участков – объектов оценки; 2) определение удельных показателей кадастровой стоимости земли; 3) расчет кадастровой стоимости земельных участков.

Стоит заметить, что данный порядок осуществляется для земель сельскохозяйственного назначения, к которым относятся:

а) земли сельскохозяйственного назначения, пригодные под пашни, пастбища, сенокосы, занятые внутрихозяйственными дорогами, залежами, многолетними насаждениями, лесными насаждениями, коммуникациями и пр.;

б) земли сельскохозяйственного назначения, малопригодные под пашню, но используемые для выращивания некоторых видов технических культур, многолетних насаждений, ягодников, чая, винограда, риса;

в) земли сельскохозяйственного назначения, занятые сооружениями, строениями, зданиями, используемыми для хранения, первичной переработки и производства сельскохозяйственной продукции;

г) земли сельскохозяйственного назначения, занятые водными объектами и используемые для предпринимательской деятельности;

д) земли сельскохозяйственного назначения, на которых располагаются леса;

е) прочие земли сельскохозяйственного назначения (нарушенные земли, болота, земли, занятые свалками, полигонами, песками, оврагами).

Данная методика не применяется для земель, расположенных в границах огороднических, дачных и садоводческих объединений.

Методика проведения государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения базируется на использовании устаревших группировок почвенных разностей и составленных на их основе почвенных карт субъектов Российской Федерации, которые используются при расчете удельных показателей кадастровой стоимости земель. В результате полученные материалы кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения являются недостаточно корректными. В этом и заключается основной недостаток применяемой методики государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения.

Для предотвращения этой ошибки требуется актуализация почвенных карт с использованием современных группировок почвенных разностей на земельных участках. И следующим этапом должна быть актуализация кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения для определения актуальной кадастровой стоимости [6].

Выводы. Полученные актуальные материалы о кадастровой стоимости земельных участков сельскохозяйственного назначения позволят объективно рассчитать налоговую нагрузку на сельскохозяйственное предприятие [7]. Актуальная кадастровая стоимость земли позволит определить ставку арендной платы для арендованного участка [8].

От определения точной кадастровой стоимости земельных участков зависят налоговые поступления. Вместе с тем, кадастровая стоимость земель должна учитывать степень их нарушенности и загрязнения [9, 10]. В интересах государства выполнить актуализацию кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Павлова В.А. Концепция кадастровой оценки земель как основа налогообложения недвижимости // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2012. № 7. С. 77-83.
2. Кадастровая оценка земель. URL: https://otherreferats.allbest.ru/law/00790307_0.html.
3. Рабинович Л.М. Земельные ресурсы как фактор эффективного развития экономики // Вестник АГТУ. Серия: Экономика. 2013.
4. Павлова В.А., Уварова Е.Л., Шишов Д.А. Кризисные явления в межотраслевом перераспределении земельных ресурсов (по материалам Ленинградской области) // Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 32. С. 77-82.
5. Методические указания по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения (утв. приказом Министерства экономического развития РФ от 20 сентября 2010 г. № 445).

6. Алакоз В.В. Институциональные меры по повышению конкурентоспособности сельскохозяйственного производства и их нормативно-правовое обеспечение // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2014. С. 82-87.
7. Гарманов В.В., Терлеев В.В., Итикеев И.И. Влияние эколого-экономических факторов на кадастровую стоимость земель сельскохозяйственного назначения // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной НПК профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях. 2017. С. 333-337.
8. Гарманов В.В., Баденко В.Л., Трушников В.Е. Оценка арендной платы земли в проектах землеустройства // Горн. информ.-аналит. бюл. 2013. № 8.
9. Гарманов В.В., Терлеев В.В. Влияние зоны с особыми условиями использования земель на их стоимость // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках. Материалы международного конгресса: материалы для обсуждения. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 240-241.
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.

УДК 332.368

В.С. Мирошина, А.Р. Грик
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ИХ ИЗЪЯТИИ

Введение. Гарантия защиты прав и законных интересов собственников земельных участков при изъятии для государственных и муниципальных нужд определено Гражданским кодексом (далее ГК РФ) в статье 279. Порядок и условие компенсации за изымаемые участки регламентированы в ГК РФ и Земельным кодексом (далее ЗК РФ).

Согласно статье 281 ГК РФ при изъятии земельного участка для государственных или муниципальных нужд его правообладателю предоставляется возмещение. Размер возмещения – это сумма рыночной стоимости земельного участка и убытков, причиненных изъятием такого земельного участка, в том числе упущенная выгода.

Рыночная стоимость определяется в соответствии с Федеральным законом РФ «Об оценочной деятельности», «Правилами возмещения собственникам земельных участков, землепользователям, землевладельцам и арендаторам земельных участков убытков, причиненных изъятием или временным занятием земельных участков...», «Методическими рекомендациями по определению рыночной стоимости земельных участков», Федеральными стандартами оценки (ФСО № 1, ФСО № 2, ФСО № 3, ФСО № 7) и др.

Однако, если изымаемый для государственных или муниципальных целей земельный участок имеет признаки нарушения (загрязнения), то его рыночную стоимость необходимо скорректировать (уменьшить) на величину эколого-экономического ущерба [1]. Такой подход объясняется тем, что приобретателю земельного участка потребуется восстановить нормальное состояние путем устранения загрязнения и рекультивации [2]. Эти проблемные обстоятельства и обусловили *актуальность* исследования.

Цель работы – рассмотреть основы методики оценки эколого-экономического ущерба от загрязнения земель и использование ее результатов для корректировки размера возмещения в связи с изъятием земли для государственных или муниципальных целей.

Результаты. В практике оценки эффективности применяется понятие эколого-экономической эффективности в совокупности с социальной и технологической эффективностью [3]. Для земель, подвергшихся нарушениям (загрязнению, захламлению, образованию карьеров или отвалов и др.), требуется определить отрицательную

эффективность – ущерб от данных нарушений. Экологический ущерб может быть оценен уровнем превышения предельно допустимых концентраций загрязнителей, ухудшением гидрогеологических параметров территорий, снижением плодородия сельскохозяйственных угодий, ухудшением качества производимой продукции на таких землях и др. [4, 5]. Существует опасность загрязнения земель токсикантами промышленного происхождения, тяжелыми металлами, мышьяком, фтором, нефтью и нефтепродуктами, сульфатами, нитратами, бенз(а)пиреном. Источниками загрязнения являются предприятия с промышленными, химическими и другими, потенциально опасными производствами. Используемые в настоящее время методики определения эколого-экономического ущерба нарушения земель не отвечают требованиям рыночной экономики. В основе расчета размера эколого-экономического ущерба лежат нормативы затрат на освоение земель [6]. Для упрощения расчетов в условиях рыночной экономики целесообразно использовать рыночные методы.

Размеры ущерба от загрязнения земель определяются исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель [7]. В случае невозможности оценить указанные затраты, размеры ущерба от загрязнения земель рассчитываются по формуле [8]:

$$Y_{\text{пр.д.}}^{\text{н}} = H_{\text{с}} S K_{\text{э}} K_{\text{п}}, \quad (1)$$

где $Y_{\text{пр.д.}}^{\text{н}}$ – величина предотвращенного в результате природоохранной деятельности ущерба от деградации почв и земель на рассматриваемой территории за отчетный период времени, тыс. руб./год; $H_{\text{с}}$ – норматив стоимости земель, тыс. руб./га; s – площадь почв и земель, сохраненная от деградации за отчетный период времени в результате проведенных природоохранных мероприятий, га; $K_{\text{э}}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории, б/р; $K_{\text{п}}$ – коэффициент для особо охраняемых территорий; определяется по таблице 3 [8].

Предлагается норматив стоимости освоения земель заменить на рыночную стоимость земель, подвергшихся загрязнению и захламлению [9] (до того, как они были загрязнены или захламлены); формула размера эколого-экономического ущерба от загрязнения $Y_{\text{пр.д.}}^{\text{н}}$ примет вид:

$$Y_{\text{пр.д.}}^{\text{н}} = C_{\text{р}} S K_{\text{э}} K_{\text{п}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{р}}$ – рыночная стоимость земель по состоянию до загрязнения.

И тогда рыночная стоимость изымаемого земельного участка при средней степени загрязненности химическими веществами может уменьшиться на 40 %.

Выводы. Для исследования был рассмотрен процесс изъятия земель для логистического центра (земли муниципальной собственности). По данным исследования наблюдается загрязнение на придорожной полосе в 50 м. Предлагается уменьшить стоимость возмещения в пользу покупателя за загрязнение земель на 40 %, рассчитав их по выше приведенной формуле [10].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Итикеев И.И., Большакова С.Ю., Степанова Е.А. Оценка ущерба от загрязнения земель // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК: Сб. науч. тр. международ. науч.-практ. конф. 2016. С. 16-19.
2. Наймушина Е.А. Организация территории в основе социально-экономического развития региона // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы междунар. конгресса. Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 260-261.
3. Шишов Д.А., Заварин Б.В., Козырева Е.В. Ресурсный потенциал хозяйствующих субъектов АПК – эколого-экономический аспект // Перспективы инновационного развития агропромышленного

комплекса и сельских территорий: Материалы международного конгресса. Сер. «Агрорусь» Северо-Западный региональный научный центр Российской академии сельскохозяйственных наук, СПбГАУ, ООО «ЭФ-ИНТЕРНЕШНЛ». 2014. С. 114-116.

4. Гарманов В.В., Терлеев В.В., Итикеев И.И. Влияние эколого-экономических факторов на кадастровую стоимость земель сельскохозяйственного назначения // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сб. науч. тр. междунаро. НПК проф.-препод. состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях. 2017. С. 333-337.

5. Гарманов В.В., Терлеев В.В. Влияние зоны с особыми условиями использования земель на их стоимость // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы международного конгресса. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 240-241.

6. Павлова В.А. Санкции, применяемые к нарушителям природоохранного законодательства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2007. № 3. С. 51-52.

7. Аслаханов А.Н., Данилина Н.Ю., Уварова Е.Л. Оценка экономической эффективности рекультивированных земель // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК: Сб. науч. тр. междунаро. науч.-практ. конф. 2016. С. 3-6.

8. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. Утверждена Госкомитетом Российской Федерации по охране окружающей среды 09 марта 1999 г.

9. Гарманов В.В., Богданов В.Л., Рябов Ю.В. и др. Оценка эколого-экономического ущерба от нарушения земель // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2015. № 4. С. 136-144.

10. Гарманов В.В., Баденко В.Л., Трушников В.Е. Оценка арендной платы земли в проектах землеустройства // Горн. информ.-аналит. бюл. 2013. № 8.

УДК 349.44

Р.Р. Мифтахова, И.А. Виноградова
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИЦ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА НА ПРИМЕРЕ ДЕРЕВНИ ПОЧИНОК ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Введение. Эффективное использование земель населенных пунктов во многом зависит от рациональной организации территориального планирования. В настоящее время далеко не каждый населенный пункт имеет четко установленную и поставленную на государственный кадастровый учет границу. Установление границ и их описание в государственном кадастре недвижимости в рамках земельных отношений имеют ряд проблем, освещенных в ходе выполнения работы. Вышеуказанные предпосылки, на наш взгляд, являются причиной возникающих в органах местного самоуправления сложностей, связанных с предоставлением земельных участков физическим и юридическим лицам, размещением объектов капитального строительства, взиманием земельного налога и так далее [1].

Цель работы заключается в том, чтобы на примере процедуры формирования границ населенного пункта выделить ее отрицательные и положительные стороны.

Задачи состоят в том, чтобы рассмотреть понятие земель населенных пунктов, границ населенных пунктов, а также обосновать процедуру установления границ населенного пункта.

Земли населенных пунктов – это земли, которые используются или подлежат использованию для застройки и развития городских и сельских населенных пунктов, отделенные от земель других категорий границей [2]. Особенностью размещения земель данной категории является их локализованность и сосредоточенность [3].

Установление (изменение) границ населенных пунктов можно условно разделить на два этапа: 1) градостроительный (на данном этапе происходит разработка, утверждение или

изменение генерального плана); 2) землеустроительный (включает в себя составление карты (плана) границ населенного пункта, внесение сведений в единый государственный реестр недвижимости [4], передачу сведений в государственный фонд данных).

Согласно действующему законодательству Российской Федерации, в настоящее время каждое муниципальное образование представляет собой территорию, которая имеет определенные границы и правовой статус [5], при необходимости эти границы могут быть изменены путем проведения в установленном порядке процедуры изменения границ или преобразования муниципального образования [6].

В генеральном плане муниципального образования Югское запроектировано строительство загородного жилого комплекса «Пригородный». Для реализации данного проекта предусмотрено включение в границы населенного пункта Починок трех земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения общей площадью 77,45 га.

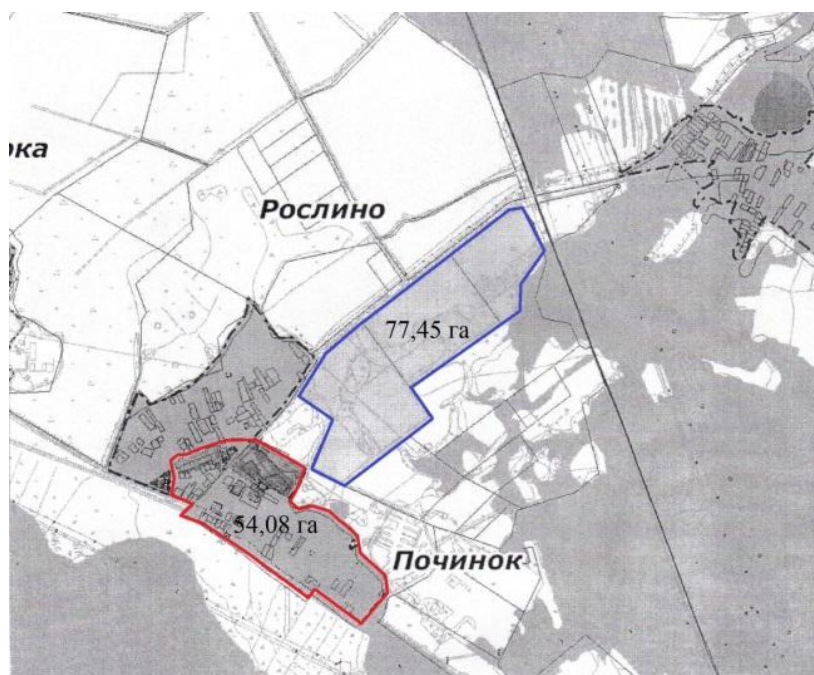


Рис. 1. Обзорный план д. Починок

На землеустроительном этапе при описании местоположения границ объекта землеустройства составлен карта-план на территорию, установленную утвержденным генеральным планом муниципального образования Югское. Граница населенного пункта представляет собой два замкнутых контура, формируемых в виде территории, ограниченной условными линиями. Площадь населенного пункта с погрешностью составила $131,53 \pm 0,04$ га.

Для того чтобы понять, насколько рационален перевод земель сельскохозяйственного назначения в земли населенных пунктов, необходимо прежде всего оценить, достаточно ли местным жителям имеющейся площади. До перевода земель площадь населенного пункта составляла 54,08 га.

Результаты. Общую площадь сельского населенного пункта определяют следующие составляющие: 1) приусадебные участки местных жителей S_1 ; 2) площади пастбищ и сенокосов для обеспечения кормами личного хозяйства граждан S_2 ; 3) площадь участков общественного назначения S_3 ; 4) зеленые насаждения общего пользования S_4 ; 5) площадь под улицами, проездами и дорогами S_5 ; 6) прочие земли, площадь которых определяется по фактическому пользованию, включая овраги, балки и прочее S_6 .

В общем виде формула выглядит следующим образом [7]:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6.$$

Итоговая расчетная площадь населенного пункта Починок равна:

$$S = 9,9 + 36,4 + 0,9 + 0,3 + 0,9 = 46,4 \text{ га.}$$

Фактическая площадь населенного пункта Починок составляла 54,08 га, а, рассчитанная нами (теоретическая) площадь равна 48,4 га. Исходя из этого можно сделать вывод, что фактическая площадь населенного пункта удовлетворяет всем потребностям местных жителей и обеспечивает комфортные условия для их проживания. На основании расчетов можно сделать выводы, что расширение границ населенного пункта связано не с потребностями местного населения, а с нуждами близко расположенного крупного промышленного центра города Череповца.

Загазованность, городской шум, нехватка личного пространства подталкивают людей задуматься о смене обстановки. В последнее время наблюдается тенденция среди городского населения иметь собственный дом в деревне. Также людей привлекает то, что на своем (пусть и небольшом) приусадебном участке можно вырастить овощи и фрукты, обеспечив себя сельскохозяйственной продукцией [8]. Поскольку вблизи населенного пункта Починок присутствуют водные объекты и крупные массивы лесной растительности, целесообразно в границах данного населенного пункта выделить земельные участки, предназначенные для дачного строительства. Так как площадь населенного пункта не обладала большими территориями неиспользуемых земель, было принято решение о включении трех земельных участков в границы населенного пункта Починок общей площадью 77,45 га для строительства на них загородного жилого комплекса, не предназначенного для круглогодичного проживания.

На градостроительном этапе установления границы населенного пункта нами были высвечены недостатки, с точки зрения землеустроительного проектирования [9]. Территория населенного пункта представляет собой два обособленных массива, что создает такой пространственный недостаток, как чересполосица [10]. Также к недостаткам такого проектирования можно отнести близость массива, выделенного для дачной застройки, к территории, которая является местом постоянного проживания населения деревни.

К плюсам такого проектирования можно отнести то, что выделенный массив земель расположен относительно вдали от автодороги регионального значения.

Выводы. Важность установления границ населенных пунктов нельзя недооценивать, так как рациональное использование земель данной категории, разработка вопросов государственного управления (которое включает в себя систему учета, мониторинга и ведение кадастра, их использование), а также наличие достаточных мер для охраны данного режима от нарушений имеет особое значение.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Виноградова И.А., Уварова Е.Л. Процедура установления границ населенного пункта: актуальность и проблемы // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК: Сборник научных трудов Международной НПК молодых учёных и студентов. 2016. С. 6-8.
2. Шишов Д.А., Козырева Е.В. Актуальные вопросы современной концепции земельно-правового регулирования в РФ // Сельское хозяйство – драйвер российской экономики: Материалы для обсуждения и выработки решений. Оргкомитет международной агропромышленной выставки-ярмарки «Агрорусь-2016». 2016. С. 86-88.
3. Уварова Е.Л., Ласина Д.А. Категории земель в российской федерации: проблемы и перспективы // Вестник Студенческого научного общества. 2013. № 1. С. 286-289.
4. Павлова В.А. Современные формы организации кадастровой деятельности в России // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2011. № 1. С. 38-42.
5. Наймушина Е.А. Организация территории в основе социально-экономического развития региона // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы международного конгресса. Северо-Западный центр

междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 260-261.

6. Уварова Е.Л. Зонирование как метод территориального планирования // Известия СПбГАУ. 2016. № 44. С. 230-235.

7. Сулин М.А., Степанова Е.А. Кризисные явления в теории и практике современного землеустройства // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной НПК профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях. 2017. С. 327-329.

8. Terleev V., Nikonorov A., Togo I., et al. Modelling the hysteretic water retention capacity of soil for reclamation research as a part of underground development // Procedia Engineering. 2016. Vol. 165. P. 1776-1783.

9. 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. ИСИ. 2015. С. 189-191.

10. Сулин М.А., Шишов Д.А. Основы земельных отношений и землеустройства. СПб.: Проспект Науки, 2015. 320 с.

УДК 349.412

Р.Р. Мифтахова, А.И. Кузьмин
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПО ПРОГРАММЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГЕКТАР»

Введение. Закон о «дальневосточном гектаре» – реализуемая в настоящий момент правовая инициатива, заключающаяся в предоставлении гражданам Российской Федерации земельных участков на территории Дальневосточного федерального округа в пользование с возможностью строительства и ведения предпринимательской деятельности.

Цель исследования – выявление, описание и решение проблем, которые в настоящее время актуальны для граждан, участвующих в программе.

С 1 февраля 2017 года началось выполнение последнего этапа закона «О дальневосточном гектаре»: теперь участок в пользование на 5 лет может оформить любой гражданин Российской Федерации с последующим переводом данного участка в собственность либо в аренду (при обязательном освоении данного участка в течение этого времени, в противном случае он будет изыматься) [1].

Количество людей, заинтересованных в программе, увеличивается, участки активно оформляются и осваиваются. Граждане создают на полученных земельных участках фермерские хозяйства [2], различные предприятия, объединяют свои участки в коллективные поселения, в том числе – формируют новые населенные пункты. Как отмечают в Агентстве по развитию человеческого потенциала на Дальнем Востоке, большинство заявителей – это экономически активные граждане возрастом от 25 до 34 лет. Основная масса – жители Дальнего Востока, откуда поступило около 77 % заявлений, меньше трети – не из дальневосточных регионов, в основном – из Москвы, Санкт-Петербурга, Краснодарского края и Свердловской области.

Наибольшей популярностью пользуются земельные участки в Приморском крае (40 тыс. заявок). На втором месте – Республика Саха, Якутия (18,4 тыс. заявок), на третьем – Хабаровский край (15,2 тыс.). Замыкают пятерку самых популярных земельных участков Сахалинская (12,2 тыс.) и Амурская области (6,7 тыс. заявок). Значительная часть (13%) от всех заявок (или 12,5 тыс.) – это коллективные заявки от желающих получить гектары рядом друг с другом. Уже сформировано 53 агломерации, которые в перспективе могут стать новыми

населенными пунктами – селами и деревнями. В четырех будущих новых населенных пунктах уже состоялись сходы граждан [3]. При получении земельных участков перед гражданами возникает ряд проблем. Очень часто эти проблемы выявляются на законодательном уровне в момент подачи заявления на предоставление земельного участка.

Первая проблема – отсутствие представления гражданина о состоянии, рельефе, освоенности и транспортной доступности желаемого земельного участка. По сути, интерактивная карта не предоставляет никакой особой информации о земельном участке, кроме того, отсутствуют данные: свободен ли земельный участок, в чьей собственности находятся соседние с ним земли, каковы их кадастровые номера. Зачастую участники программы не имеют исчерпывающих сведений о полученном земельном участке [4, 5]. Один из участников программы предлагает решать эту проблему с использованием квадрокоптера (таким образом, он выбрал для себя земельный участок). Однако это труднореализуемо в случаях слишком отдаленных земельных участков. Вместе с тем, данное техническое решение в целом позволяет получить представление о состоянии земельных участков. В целом, региональные власти с использованием квадрокоптеров могут создать геоинформационную систему по своим территориям с визуальным представлением земельных участков [6,7].

Вторая проблема – неучтенный правовой статус земель. Так, граждане, желавшие получить земельный участок в Приморском крае, уже после подачи заявлений узнали, что большая часть земель Приморского края является охотничьими угодьями, на которых Федеральный закон 119-ФЗ запрещает предоставление земельных участков гражданам [8].

В 2017 году принят пакет поправок к закону о дальневосточном гектаре. Одно из изменений разрешает выдачу гражданам РФ с 1 октября текущего года бесплатных участков [9] в границах охотничьих угодий. Чтобы сохранить охотничьи ресурсы и среду обитания животных, законодатель дал право юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям, заключившим соответствующие соглашения, оформить используемые ими земельные и лесные участки в аренду. В настоящее время разработан проект постановления, который определяет «запретные зоны» – те территории охотугодий, в границах которых земля не может быть предоставлена гражданам [10].

Однако даже сейчас не до конца понятно, как руководство Приморского края собирается производить выдачу данных участков гражданам, поскольку (ввиду поправок) изменились границы первоначальных земельных участков, на которые уже были оформлены документы. На настоящий момент в Приморском крае более 10 млн. га «зависших» охотничьих угодий. В качестве решения можно предложить введение более строгого контроля над этими землями, тщательную проверку состояния таких земель перед рассмотрением заявлений граждан о предоставлении земельных участков.

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод, что граждане заинтересованы в программе «Дальневосточный гектар», готовы осваивать земельные участки, создавать предприятия и поселения, вкладывать денежные средства в землю, однако сдерживающими факторами являются технические и правовые проблемы, а также транспортная доступность.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федеральный закон «Об особенностях предоставления гражданам земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 01.05.2016 № 119-ФЗ (последняя редакция).
2. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Фермерство как генезис капиталистических отношений в России // Известия СПбГАУ. 2015. № 40. С. 180-186.
3. «Дальневосточный гектар создает новые истории успеха». [Электронный ресурс] // Газета «Взгляд». URL: <https://vz.ru/economy/2017/8/24/884047.html>.

4. Сулин М.А., Степанова Е.А. Кризисные явления в теории и практике современного землеустройства // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной НПК профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях. 2017. С. 327-329.
5. 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. 2015. С. 189-191.
6. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Новейшие технологии в кадастровой деятельности // Записки Горного института. 2017. Т. 225. С. 313-319.
7. Гарманов В.В., Осипов А.Г., Терлеев В.В., Грик А.Р. Технология создания цифровой картографической основы на базе архивных фондовых материалов // Известия СПбГАУ. 2017. № 2 (47). С. 268-275.
8. Павлова В.А. Санкции, применяемые к нарушителям природоохранного законодательства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2007. № 3. С. 51-52.
9. Павлова В.А. Формирование стоимости земельного участка в системе управления земельными ресурсами // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2008. № 8. С. 32-35.
10. «Более десяти миллионов гектаров охотугодий в Приморье начнут выдавать россиянам в октябре – АПК» [Электронный ресурс] // Новости Владивостока URL: <http://www.newsvl.ru/society/2017/09/25/163283/#ixzz4udZ4lw7l>.

УДК 332.62

Е.А. Наймушина
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Введение. Функциональное значение науки – это определять тенденции и устанавливать принципы развития общества. Общественные науки далеко продвинулись в вопросах устойчивого развития территорий по исследованиям в социальной, экономической, экологической, географической, политической, философской, сельскохозяйственной и других областях, где изучаются подходы к организации общественных и иных систем для будущих поколений.

Цель исследования – создание геоинформационной основы для планирования и организации территориальных систем.

Для того, чтобы учесть комплекс вопросов и на практике реализовать предложенные идеи, необходимо в рамках проектирования и планирования общественных систем учитывать множество условий и факторов. На практике это будет представлять комплексное проектирование в рамках территориального и стратегического развития как отдельного региона, так и страны в целом.

Комплексный проект должен быть основан на обработке огромных массивов данных для того, чтобы, в конечном счете, выделить элементарные единицы в отношении, которых будут приниматься решения, выраженные в конкретных программах развития как территории, так и отраслей.

Результаты. Одним из важных показателей при этом является обеспечение оптимальных условий для существования как социально-экономической системы, так и природной. Это необходимо для обеспечения развития общества и природы. Часть вопроса реализации можно рассмотреть с помощью механизма землеустройства. В ст. 14 закона по землеустройству говорится, что планирование и организация рационального использования земель и их охраны проводятся в целях совершенствования распределения земель в

соответствии с перспективами развития экономики, улучшения организации территорий и определения иных направлений рационального использования земель и их охраны в Российской Федерации, субъектах Российской Федерации и муниципальных образованиях [1]. То есть, используя районирование, зонирование территории, учесть разработки, предложенные в рамках фундаментальных исследований по устойчивому развитию территории [2]. В дополнение к функциям землеустройства должны быть добавлены функции организации территории из опыта планирования и районирования прошлых лет [3, 4].

Подобно тому, как исторически складывались границы тех или иных административных районов, такой же процесс необходимо провести на пересмотр экономических и хозяйственных границ организации территории. То есть создание многослойной ГИС системы с включением современных требований. Для разработки алгоритма обработки массивов данных многофакторной информации необходим принцип выделения элементарных единиц. В основе выделения элементарных единиц стоит окружающая человека среда, осуществляющая через совокупность факторов (физических, биологических, химических и социальных) прямое или косвенное воздействие на жизнедеятельность человека, его здоровье, трудоспособность и потомство. Обеспечение ее рациональности означает соблюдение баланса между действиями человека и сохранением природной окружающей среды.

К примеру, необходимо детально рассмотреть экологические процессы в природе и обществе в качестве сложных многогранных систем, оценить состояние природной среды в условиях взаимодействия человека со средой обитания. Объектами изучения этих систем являются биологические системы различных уровней: популяции видов, биогеоценозы, биосфера, ее организация и экологическая функция [5]. Эти факторы являются основой для дальнейшей экологической оценки и определения степени пригодности природно-ландшафтных условий территории для проживания человека и какого-либо вида хозяйственной деятельности [6].

Реализация комплексного подхода основывается на понимании целостной структуры ландшафта, сформировавшейся в результате естественного развития территории, состава природно-территориальных комплексов и их пространственных характеристик. Ландшафты с целостной (нечелювной) структурой обладают устойчивым экологическим потенциалом, то есть способны перерабатывать определенные потоки веществ, энергии и информации, что позволяет им сохранять внутреннюю структуру, связи между элементами системы и с окружающей средой [7].

Поэтому важна всесторонняя характеристика экологического потенциала ландшафта, который представляет совокупность условий, необходимых для жизни и воспроизводства населяющих данную территорию организмов [8].

Выводы. Планирование и организацию социально-экономических систем необходимо основывать на сохранении целостности природных элементарных единиц. Это не означает, что эффективность территориальной системы снизится, а скорее, наоборот; при использовании потенциала природы возможны и организация высоких производительных условий для всех сфер жизни человека, и обеспечение устойчивости территории [9, 10]. Разнообразие природных условий отражается на неравномерности распределения территориальных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. О землеустройстве: Федер. закон [Электронный ресурс]: [принят Гос. Думой от 18 июня. 2001 г., №78-ФЗ]: офиц. текст: по состоянию на 22 окт. 2014 г. / Официальный интернет-портал правовой информации. – Режим доступа: www.pravo.gov.ru.
2. Уварова Е.Л. Территориальное планирование как важный элемент устойчивого развития // Политехническая неделя в Санкт-Петербурге: Материалы научного форума с международным участием. Кафедра водохозяйственного и гидротехнического строительства. 2016. С. 348-350.

3. Ильина В.Ю., Иншина Ю.Ю., Козырева Е.В. Некоторые результаты реализации концепции земельной политики в условиях активизации правотворческой функции государства // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2017. № 3. С. 23-26.
4. Павлова В.А., Уварова Е.Л., Шишов Д.А. Кризисные явления в межотраслевом перераспределении земельных ресурсов (по материалам Ленинградской области) // Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 32. С. 77-82.
5. 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.
6. Шишов Д.А. Ресурсный потенциал хозяйствующих субъектов АПК – эколого-экономический аспект // Перспективы инновационного развития агропромышленного комплекса и сельских территорий: Материалы международного агропромышленного конгресса. СПб. 2014. С. 114-116.
7. 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. ИСИ. 2015. С. 189-191.
8. Наймушина Е.А. Оценка экологических факторов для территориального планирования // АПК – стратегический ресурс экономического развития государства: Материалы международного агропромышленного конгресса. СПб: Ленэкспо, 2015. С. 175-177.
9. Павлова В.А. Санкции, применяемые к нарушителям природоохранного законодательства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2007. № 3. С. 51-52.
10. Степанова Е.А. Землепользование: понятие и содержание на современном этапе // Вопросы использования и охраны земли в условиях реформирования земельных отношений: Сб. научн. тр. факультета землеустройства. СПб.: СПбГАУ, 2001. С. 25-29.

УДК 631

Н.М. Тимофеева, Д.Р. Халиков
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ПОД МНОГОКВАРТИРНЫМ ДОМОМ (НА ПРИМЕРЕ Г. УФЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)

Введение. В Уфе отсутствие сформированной придомовой территории является актуальной проблемой, что, в свою очередь, приводит к большим неудобствам жителей [1].

Цель данного исследования – представить порядок формирования придомовой территории жителям (собственникам) многоквартирных домов.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- рассмотреть порядок формирования придомовой территории жителями (собственниками) многоквартирных домов на примере г. Уфы Республики Башкортостан;
- рассмотреть совокупность документов, необходимых для проведения общего собрания собственников многоквартирного дома.

Методы исследования – монографический, картографический, аналитический.

Объектом исследования является земельный участок, который нужно оформить собственникам в совместную (общую долевую) собственность.

Результаты. Порядок формирования земельного участка приведен на рис. 1.

Рассмотрим обозначенные этапы более подробно.

На общем собрании собственников дома назначается уполномоченное лицо. За 10 дней до собрания должны быть извещены все жители дома. При проведении собрания должны присутствовать более 50% собственников, иначе собрание считается несостоявшимся и не получится сформировать участок. Решение принимается путем голосования. При получении большинства положительных голосов, составляется протокол собрания. Копию, заверенную в

течение трех дней, может получить любое лицо, заинтересованное в этом. В статьях 45-48 ЖК РФ установлен порядок проведения общего собрания [2].



Рис. 1. Порядок формирования земельного участка

Документы, необходимые для проведения собрания жителей дома приведены на рис. 2. Уполномоченное лицо вправе обратиться в землеустроительную компанию.

Обращение уполномоченного лица с заявлением о формировании земельного участка с целью передачи его в собственность, представлен в пункте 3 статьи 16 ФЗ «О введении в действие Жилищного Кодекса РФ».

На основании выполненных землеустроительных работ оформляется проект границ земельного участка [3].

При отсутствии границ земельных участков, специалисты делают проекты межевания [4]. Проекты должны утверждаться администрацией города Уфы.

Согласно пункту 5 статьи 16 ФЗ «О введении в действие ЖК РФ» после постановки на кадастровый учет земельный участок переходит в общую долевую собственность. Признается и подтверждается возникновение прав на земельный участок [5-7].

После оформления собственности: вся придомовая территория переходит в полное распоряжение собственников многоквартирного дома, после чего становится доступным проведение благоустройства территории как озеленение, организация дополнительных парковочных мест, детских площадок и других удобств для жителей [8-10]. Кроме того, жители несут полную ответственность и должны следить за состоянием придомового земельного участка. Например, за неубранный снег, собственников могут оштрафовать.



Рис. 2. Документы, необходимые для проведения собрания жителей дома

Выводы. Осведомленность по проблематике формирования территорий и их перевода в собственность способствует минимизации риска возникновения проблем, таких как: возведение новых зданий вблизи уже построенного дома или как снос придомовой площадки при отсутствии межевого проекта.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Суриков Е.О., Степанова Е.А. Современные проблемы застройки и развития мегаполиса // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК: Сборник научных трудов Международной НПК молодых учёных и студентов. 2016. С. 38-40.
2. Информационно-правовой портал «Гарант.ру» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/>.
3. Быкова Е.Н., Павлова В.А. Техническая инвентаризация объектов капитального строительства / учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Землеустройство и кадастры». Санкт-Петербург, 2014.
4. Уварова Е.Л. Территориальное планирование как важный элемент устойчивого развития // Политехническая неделя в Санкт-Петербурге: Материалы научного форума с международным участием. Кафедра водохозяйственного и гидротехнического строительства. 2016. С. 348-350.
5. Павлова В.А. Организационные формы реализации учетной функции в системе управления земельными ресурсами // Пятая международная научная конференция Ирана и России по проблемам развития сельского хозяйства. 2010. С. 467-469.
6. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Новейшие технологии в кадастровой деятельности // Записки Горного института. 2017. Т. 225. С. 313-319.
7. Шишов Д.А., Заварин Б.В. Новый инструментарий в системе правового регулирования земельных отношений // Известия СПбГАУ. 2014. № 37. С. 190-194.
8. Гарманов В.В., Терлеев В.В., Иतिकеев И.И. Влияние эколого-экономических факторов на кадастровую стоимость земель сельскохозяйственного назначения // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной НПК профессорско-

преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях. 2017. С. 333-337.

9. Гарманов В.В., Терлеев В.В. Влияние зоны с особыми условиями использования земель на их стоимость // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы международного конгресса. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 240-241.

10. Павлова В.А. Институциональный подход к регулированию оценочной деятельности // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2014. № 6 (114). С. 57-63.

УДК 332.3

Е.Л. Уварова¹, В.В. Авдеева¹, В.В. Терлеев²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Введение. Перераспределение земель достаточно широкое понятие, которое вмещает в себя несколько видов. М.А. Сулин выделяет 4 вида перераспределения земель: 1) перераспределение по категориям, 2) видам и формам собственности, 3) по угодьям, 4) по землепользованиям и землевладениям [1].

Все эти виды существуют и применяются в практической жизни. Однако не все процессы регулируются законом. Так перераспределение по угодьям никак не регулируется государством, что является большим упущением. Перераспределение земель по формам и видам собственности находит свое отражение в основном в процессах предоставления земельных участков и различных сделок с землей. Перераспределение земель по категориям отражается в системе правовых источников, регулирующих перевод земель из одной категории в другую, основным из которых является Федеральным законом от 21.12.04 г. № 172-ФЗ «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую» [2]. Что же касается перераспределения земель по землепользованиям и землевладениям, то этот процесс четко обозначен в законодательстве и является одним из видов образования земельного участка. Согласно статье 11.7 ЗК РФ перераспределение земельных участков – это совокупность действий, направленных на преобразование смежных земельных участков, в результате которых образуются новые участки, но с иными признаками [3].

Целью данной работы является выявление особенностей перераспределения земельных участков при новом строительстве.

Перераспределение земельных участков широко применяемый процесс [4], который объединяет сразу два действия: объединение и раздел. Такой способ является более выгодным в отношении затрачиваемого времени и средств. Данная проблема является особенно актуальной для застроенной территории [5, 6]. В населенном пункте границы земельных участков устанавливаются с учетом жестких правил и условий, в соответствии с Градостроительным и Земельным кодексом. К таким условиям относятся:

1) перераспределение может осуществляться только в отношении смежных земельных участков, имеющих одно целевое назначение и отнесенных к одному виду разрешенного использования;

2) при перераспределении земельных участков должны быть соблюдены требования к образуемым земельным участкам, в том числе – требования к их предельным (максимальным и минимальным) размерам;

3) обязательное согласие землепользователей, землевладельцев, арендаторов, залогодержателей земельных участков, из которых при перераспределении образуются земельные участки [7];

4) границы образуемых земельных участков должны привязываться к естественным рубежам [8];

5) должны соблюдаться градостроительные правила, то есть не допускается установление границ, пересекающих объекты недвижимости.

Причины перераспределения земельных участков могут быть самые разные: неправильная конфигурация; границы земельных участков больше не удовлетворяют потребностям владельцев; вклинивание; вкрапливание; изменение площади земельных участков; неэффективное использование земельных ресурсов. В населенных пунктах одной из причин перераспределения земель может являться невозможность строительства здания или сооружения, так как существует требование государственного кадастра, что граница земельного участка не может пересекать объект недвижимости. Кроме того, если строящийся объект расположен в границах земельного участка, необходимо учитывать расстояния от стен здания до границ участка, или расстояния между зданиями. Также необходимо учитывать размещение коммунальных сетей и их охранные зоны [9].

Примером перераспределения с целью строительства нового корпуса общежития Петербургского государственного университета путей сообщения (ФГБОУ ВПО ПГУПС) являются два земельных участка в Пушкинском районе Санкт-Петербурга.

На земельном участке, площадью 21654 м², расположено три корпуса общежития, соединенные между собой закрытыми переходами. На территории второго участка расположены многоквартирный дом ТСЖ «Ахматовское» и три здания ТСЖ «Пушкинские фасады». Также на территории земельного участка находятся детская площадка, объекты озеленения, пешеходные дорожки и проезды. Данные земельные участки расположены в пределах одного квартала и образуют обособленный массив. С северо-западной и северо-восточной стороны границу квартала устанавливает красная линия. Территория проектирования находится вне границ историко-культурных охранных зон. Однако на территории земельных участков расположены охранные зоны сетей и сооружений связи, зоны канализационных, тепловых и водопроводных сетей, в восточной стороне участка находится охранный и техническая зона сети наблюдательных скважин.

С целью строительства нового корпуса общежития необходимо перераспределить данные земельные участки (рис. 1).

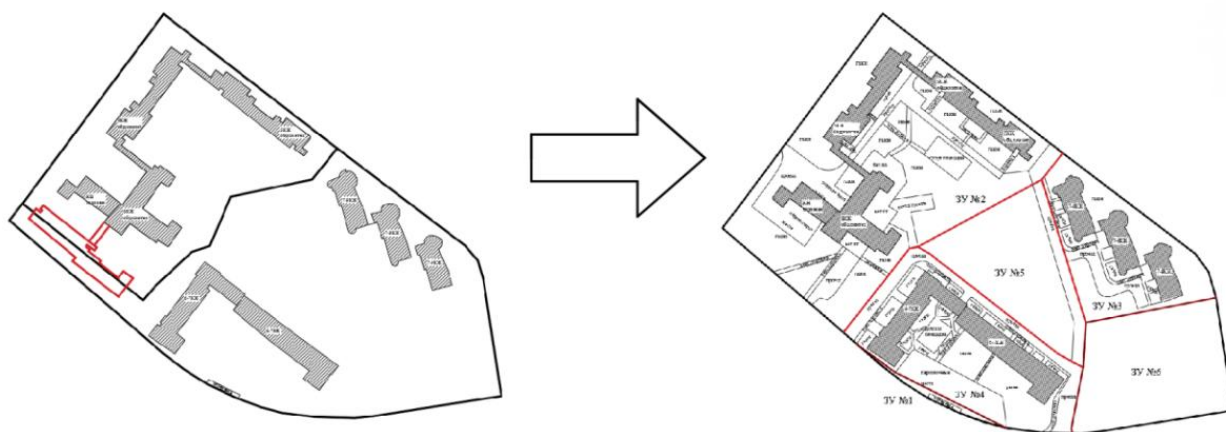


Рис. 1. Перераспределение земельных участков

Результаты. Основываясь на требованиях и правилах формирования земельных участков, были спроектированы границы шести земельных участков в рамках квартала [10]. Изменение границ земельных участков позволит построить новый корпус общежития, соединить его закрытым проходом с другими корпусами, а также обеспечит его функционирование (обслуживание, эксплуатацию) в соответствии с установленными нормами (рис. 2). В результате перераспределения, помимо возможности строительства здания, были устранены недостатки в отношении неправильной конфигурации, нерационального использования, разграничения собственности других землепользований.

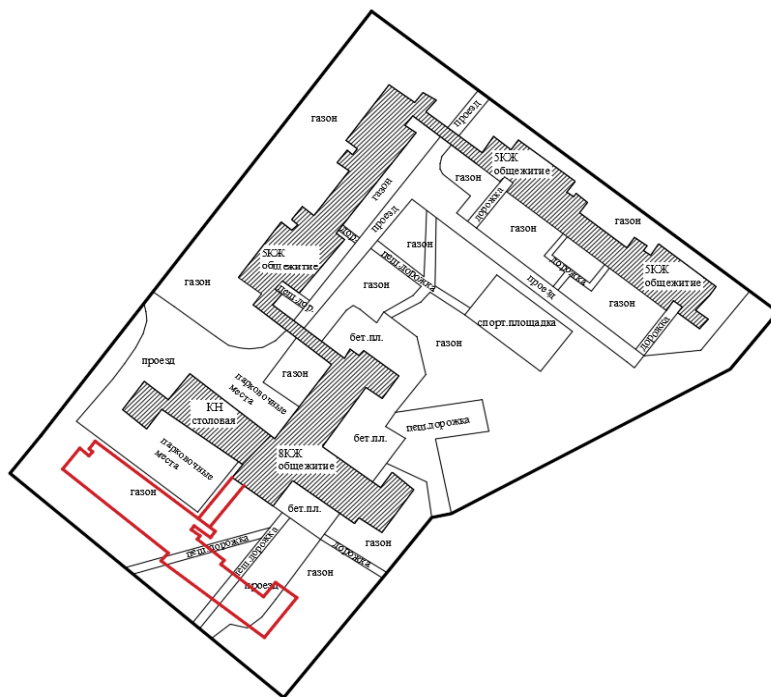


Рис. 2. Схема размещения границ земельного участка после перераспределения

Выводы. Перераспределение земель является сложной процедурой установления границ земельных участков, способной быть связующим звеном на пути совершенствования существующей организации территории под влиянием возрастающих потребностей общества.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сулин М.А. Землеустройство: учебник. М.: Колос, 2009. 402 с.
2. Информационно-правовой портал «Гарант.ру» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/>.
3. Павлова В.А. Совершенствование учетно-регистрационной системы недвижимости в России // Сельское хозяйство – драйвер российской экономики: Материалы для обсуждения и выработки решений. Оргкомитет международной агропромышленной выставки-ярмарки «Агрорусь-2016». 2016. С. 63-66.
4. Наймушина Е.А. Основные подходы к организации комплексного развития территорий России в современных условиях // Известия СПбГАУ. 2016. № 45. С. 244-247.
5. Суриков Е.О., Степанова Е.А. Современные проблемы застройки и развития мегаполиса // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК: Сборник научных трудов Международной НПК молодых учёных и студентов. 2016. С. 38-40.
6. 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. P. 26-31.

7. Гарманов В.В., Терлеева А.В., Петрова Е.А., Шилов С.О. Аренда земли как инструмент управления земельными ресурсами // XLII Неделя науки СПбГПУ: Материалы НПК с международным участием. Национальный исследовательский СПбГПУ. 2014. С. 208-210.
8. Горбунова Н.О. Предоставление земельных участков под строительство и эксплуатацию промышленных объектов в Северо-Западном регионе РФ // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2016. № 2. С. 12-14.
9. Гарманов В.В., Осипов А.Г., Терлеев В.В., Грик А.Р. Технология создания цифровой картографической основы на базе архивных фондовых материалов // Известия СПбГАУ. 2017. № 2 (47). С. 268-275.
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.

УДК 349.41

Е.Л. Уварова, А.Е. Мантаева
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Введение. Актуальность предоставления и формирования земельных участков под производственную зону в настоящее время не вызывает сомнений, так как промышленная деятельность набирает обороты не только в Ленинградской области, но и во всей России. Подготовка промышленных площадок для новых инвестиционных проектов является одной из важных задач развития экономики района и области.

Цель исследования – анализ: а) факторов и правовых особенностей, влияющих на формирование и предоставление земель; б) особенностей предоставления земель под строительство объектов промышленности; в) процессов предоставления и формирования земельных участков под промышленную зону.

Предоставление земельных участков – комплекс взаимосвязанных организационно-правовых действий, осуществляемых: с одной стороны, – органами государственной власти или органами местного самоуправления; с другой стороны, – гражданами, заинтересованными в получении земельных участков.

При предоставлении и формировании земельного участка под строительство объектов промышленности необходимо учитывать факторы размещения [1]. Факторы размещения – это совокупность природных, социально-экономических условий для наиболее рационального выбора места размещения хозяйственного объекта или группы объектов на определённой территории [2].

Основные факторы, влияющие на размещение производственно-складской зоны:

1) градостроительный фактор – это фактор, определяющий формы и принципы размещения объектов промышленности [3];

2) землеустроительный фактор – это фактор, влияющий на расположение земельного участка относительно других участков, естественных и искусственных природных преград или зон с особым режимом использования [4];

3) экономический фактор – это фактор, учитывающий специализацию, концентрацию, комбинирование и кооперирование производства, экономическую эффективность производства, а также учитывает условия инвестирования и налогообложения, наличие производственных мощностей и инфраструктуры [5];

4) трудовой фактор – это близость рабочей силы к образуемому производству (при размещении надо учитывать доставку рабочих к месту обслуживания производства: чем

ближе и сосредоточеннее расположена рабочая сила к месту выполнения работ, тем менее затратная будет их транспортировка);

5) транспортный фактор – промышленные зоны должны быть приближены к пересечениям базовых грузоподводящих транспортных коммуникаций и основным направлениям грузопотоков в городе;

6) экологический фактор – учет возможных негативных последствий от работы промышленного предприятия для природного комплекса в целом и для отдельных его компонентов.

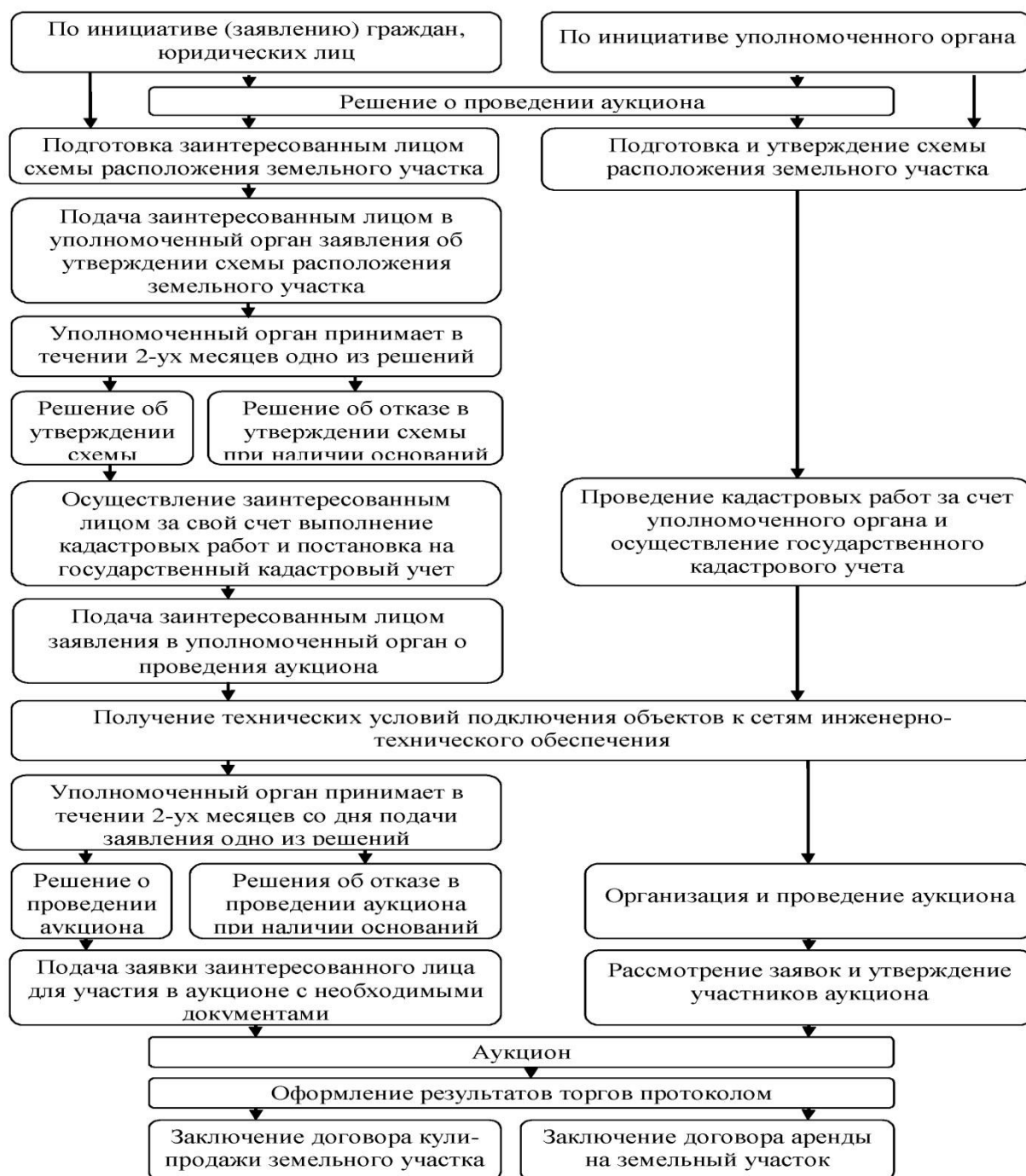


Рис. 1. Схема предоставления земельного участка на аукционе

Предоставление земель из государственной и муниципальной собственности для размещения промышленных объектов осуществляется на торгах в собственность или в аренду [6]. Роль инициатора в процессе предоставления земельного участка является ключевой. В зависимости от статуса заинтересованного лица процедура предоставления имеет различный характер. Инициаторами в подготовке и организации аукциона могут быть: физические лица, юридические лица и органы местного самоуправления.

Результаты. На основании ст. 39.14 Земельного Кодекса РФ [7] нами была составлена схема, отражающая последовательность предоставления земельного участка под строительство промышленных объектов (рис. 1), из которой видно, что предоставление земельного участка по инициативе гражданина или юридического лица имеет более сложный и затратный характер, с затратами как денежных средств, так и времени.

Выводы: Проанализировав схему, можно сделать следующие выводы:

1) предоставление земель из государственной и муниципальной собственности под строительство промышленных объектов представляет собой сложный многоуровневый процесс, который имеет свои плюсы так и минусы в зависимости от того, кто выступает в качестве инициатора проведения торгов [8-10]; 2) если инициатором выступает частное лицо, то процедура предоставления земельного участка усложняется и увеличиваются временные затраты из-за необходимости проведения дополнительных процедур, требующих обязательного согласования с органами местного самоуправления; 3) не исключено и получение отказа как в утверждении схемы расположения земельного участка на кадастровом плане территории, так и в проведении аукциона при наличии на то оснований, прописанных в установленных нормативных актах, если инициатором предоставления является физическое или юридическое лицо; 4) одним из главных положительных факторов получения земли по инициативе гражданина или юридического лица является то, что выбранный земельный участок будет подходить по всем требованиям заказчика, которые необходимы при строительстве и размещении объектов складского назначения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Горбунова Н.О. Предоставление земельных участков под строительство и эксплуатацию промышленных объектов в Северо-Западном регионе РФ // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2016. № 2. С. 12-14.
2. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // Неделя науки СПбПУ: Мат. науч. форума с международ. участием. ИСИ. 2015. С. 189-191.
3. Павлова В.А. Современные формы организации кадастровой деятельности в России // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2011. № 1. С. 38-42.
4. Наймушина Е.А. Организация территории в основе социально-экономического развития региона // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы международного конгресса. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 260-261.
5. Заварин Б.В., Аслаханов А.Н., Терлеев В.В. Оценка экономической целесообразности использования рекультивированных земель // Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. 2015. С. 186-188.
6. Гарманов В.В., Терлеева А.В., Петрова Е.А., Шилов С.О. Аренда земли как инструмент управления земельными ресурсами // XLII Неделя науки СПбГПУ: Материалы НПК с международным участием. Национальный исследовательский СПбГПУ. 2014. С. 208-210.
7. Земельный кодекс РФ от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 29.07.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 11.08.2017).

8. Ильина В.Ю., Иншина Ю.Ю., Козырева Е.В. Некоторые результаты реализации концепции земельной политики в условиях активизации правотворческой функции государства // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2017. № 3. С. 23-26.
9. Сулин М.А., Степанова Е.А. Кризисные явления в теории и практике современного землеустройства // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной НПК профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях. 2017. С. 327-329.
10. Шишов Д.А., Козырева Е.В. Актуальные вопросы современной концепции земельно-правового регулирования в РФ // Сельское хозяйство – драйвер российской экономики: Материалы для обсуждения и выработки решений. Оргкомитет международной агропромышленной выставки – ярмарки «Агрорусь-2016». 2016. С. 86-88.

УДК 349.414

Е.Л. Уварова¹, Т.С. Кравцова¹, В.В. Терлеев²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЕНСАЦИОННЫХ ПЛАТЕЖЕЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Введение. В Российской Федерации связи активно идет строительство различных объектов, будь то новые дома, заводы, а также множество линейных объектов – трубопроводов, линий электропередач, дорог и т.д.

Зачастую линейные объекты проходят по продуктивным землям, тем самым создавая масштабные вырубки лесов, что может привести к деградации лесов, чересполосице на сельскохозяйственных полях и другим территориальным недостаткам, что влечет за собой массу неудобств и неприятностей при их обработке и использовании в целом и т.д.

Целью настоящей работы является определение места существующих подходов к расчету компенсационных платежей при отводе под линейные объекты, в том числе – при наложении сервитута, в виде охранной зоны.

Согласно статье 65 Земельного кодекса Российской Федерации за использование земель нужно платить [1-3]. Формами платы за землю является земельный налог, а также арендная плата. С точки зрения экономики плата за землю – это особый вид издержек, который непосредственно связан с получением дохода в виде ренты. Поэтому к списку, содержащемуся в законе, необходимо добавить компенсационные платежи при изъятии земель под строительство линейных сооружений.

Компенсационные платежи – это возмещение собственнику земельного участка, землепользователю или государству упущенной выгоды и убытков. Размер таких платежей определяется исходя из рыночной стоимости земли, понесенных потерь и упущенной выгоды (недополученный доход) [4].

Сама система компенсационных платежей в России развита недостаточно, так как не выполняет главную функцию – барьерную, то есть, нет достаточной защиты земельных угодий от их нерационального использования. Вырученные средства от изъятия какого-либо участка под строительство линейного объекта необходимо в полном объеме использовать для улучшения состояния других земельных угодий. Должны осваиваться участки, которые ранее не участвовали ни в каком из земельных оборотов, проводиться рекультивация на нарушенных землях [5], а также улучшаться уже существующие земельные угодья [6]. Если речь идет о лесных землях, то обязательно должна проводиться процедура лесовосстановления.

Ужесточение системы компенсационных платежей приведет к более продуманному этапу проектирования трасс линейных объектов с учетом уменьшения стоимости возмещения, а соответственно, – минимизации изъятия ценных и важных для населения страны угодий и земель. Для экономики Российской Федерации важно не только строительство новых дорог или газопроводов, но и сохранение и улучшение плодородия почв, так как это способствует стабильному развитию сельского и лесного хозяйства.

Результаты. Существует множество подходов к исчислению компенсационных платежей. Проанализировав часть из них, можно следующим образом классифицировать различные методики определения компенсационных платежей:

1) затратная:

а) восстановительная (основой является расчет на освоение новых земель взамен изымаемым),
б) замещаемая (расчет затрат на окультуривание земель, а также выплат по потерянной продукции);

2) стоимостная – размер компенсационных платежей определяется из стоимостных показателей (валовый, чистый доход и др.);

3) смешанная – включает в себя и затратную и стоимостную методики.

По сроку выплат компенсационные платежи необходимо разделять на единовременные и ежегодные выплаты.

Каждая из методик имеет свои плюсы и минусы. Но в настоящее время в России действует затратно-восстановительная, и ее следует усовершенствовать или перейти на какую-либо другую методику, поскольку количество резервных, неосвоенных земель постепенно иссякает. Данная методика пока не способна стать серьезным барьером на пути рационального использования земельных ресурсов по их целевому назначению. В случае, когда отвод под размещение линейного объекта невозможен без потерь ценных земель [7], необходимо особо тщательно подойти к вопросу минимизации таких потерь, взвешивая не только негативные экономические последствия, но учитывая социальные и экологические.

Еще одним немаловажным минусом данной методики является ее несоответствие главному принципу законодательства – приоритетности земель сельскохозяйственного назначения [8, 9], а также не учитываются косвенные потери при переводе из одной категории земель в другую.

При стоимостной методике расчета трудно выбрать показатель, который покажет наиболее реальную оценку потерь, а также – сложно определить время, на которое должен быть выполнен расчет потерь.

Выводы. Проблема определения компенсационных платежей особенно актуализируется в настоящее время, когда идет активное перераспределение земель, в том числе – между категориями [10]. Самым распространенным отводом являются незначительные отводы сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных целей. Принятая методика вычисления компенсаций, в таком случае, предполагает минимум потерь у заинтересованного в отводе, это означает, что такие незначительные отводы обходятся заинтересованным организациям неоправданно дешево. Поэтому необходимо изменить принципы формирования компенсационных платежей и создать такую методику, которая будет соответствовать целям и задачам компенсационных платежей за землю, а также соответствовать принципу приоритетности сельскохозяйственных угодий.

Решением этой проблемы было уделено огромное внимание таких специалистов, как Сулин М.А., Шишов Д.А. и др. [3, 8]. Тем не менее, многие вопросы формирования системы компенсационных платежей являются открытыми до сих пор: их необходимо дорабатывать и детально изучать. Это приведет к устойчивому развитию аграрной промышленности и экономики земельных отношений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 29.07.2017).
2. Уварова Е.Л. Зонирование как метод территориального планирования // Известия СПбГАУ. 2016. № 44. С. 230-235.
3. 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.
4. Гарманов В.В., Терлеев В.В. Влияние зоны с особыми условиями использования земель на их стоимость // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках. Материалы международного конгресса: материалы для обсуждения. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 240-241.
5. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // Неделя науки СПбПУ: Мат. науч. форума с международ. участием. ИСИ. 2015. С. 189-191.
6. Павлова В.А., Уварова Е.Л., Шишов Д.А. Кризисные явления в межотраслевом перераспределении земельных ресурсов (по материалам Ленинградской области) // Известия Международной академии аграрного образования. – 2017. – № 32. – С. 77-82.
7. Горбунова Н.О. Особенности установления зон минимальных расстояний линейных объектов (на примере Ленинградской области и Республики Карелия) // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава СПбГАУ. 2015. С. 143-146.
8. Сулин М.А., Быкова Е.Н. Территориальное землеустройство несельскохозяйственных объектов: Учебное пособие. Практикум / Санкт-Петербургский государственный горный ин-т. СПб.: 2007. 100 с.
9. Уварова Е.Л. Территориальное планирование как важный элемент устойчивого развития // Политехническая неделя в Санкт-Петербурге: Материалы научного форума с международным участием. 2016. С. 348-350.
10. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Новейшие технологии в кадастровой деятельности // Записки Горного института. 2017. Т. 225. С. 313-319.

УДК 332.021.8

Д.А. Шишов¹, Е.Л. Уварова¹, В.В. Терлеев²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АКТУАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ РФ В СФЕРЕ ОБОРОТА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

Введение. Прогресс общества и государства в целом напрямую связаны с развитием строительной отрасли. Однако разрыв между этапами строительства и эксплуатации объектов недвижимости, вызванный длительной процедурой оформления прав, снижает экономические показатели граждан и хозяйствующих субъектов, а также тормозит экономическое развитие регионов. Таким образом, положительные, экономические показатели развития регионов, напрямую зависят от решения задачи своевременного и качественного регистрационного обслуживания населения [1, 2].

Объединение учетной и регистрационной систем в РФ, произведенное с 1 января 2017 года, было обозначено еще в конце 2009 года «Концепцией создания единой федеральной системы в сфере государственной регистрации прав на недвижимость и государственного кадастрового учета». Такие изменения в целом находятся в русле европейских тенденций совершенствования кадастровых систем.

Основная цель нововведений представлена в пояснительной записке к проекту Федерального закона № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» [3].

Изменения были вызваны двойным правовым регулированием учетно-регистрационной сферы недвижимости, сложностью и длительностью процедуры регистрации недвижимости, необходимостью заявителя для поставки недвижимости на государственный кадастровый учет и регистрации прав на недвижимое имущество обращаться в государственный орган, расположенный исключительно по месту нахождения недвижимого имущества, хранением сведений, составляющих данные реестров, в бумажном виде, что зачастую приводило к утрате или искажению сведений, отсутствием четкой ответственности регистрирующего органа.

Цели работы – рассмотреть основные положения, предусмотренные измененным законодательством в сфере регистрации и кадастрового учета, а также проанализировать характер их влияния на заинтересованные субъекты кадастровой деятельности.

Результаты. Существовавшие до 31 декабря 2016 года две самостоятельные базы данных об объектах недвижимости: «Единый государственный реестр прав» и «Государственный кадастр недвижимости» объединяются в одну базу – «Единый государственный реестр недвижимости» [4].

Нередко правообладателям объектов недвижимости и их представителям требовались обе процедуры: постановка на кадастровый учет и регистрация прав. Создание единого реестра позволит сэкономить время на подаче заявлений на одновременное осуществление учета и регистрации в следующих случаях: а) образование объекта недвижимости; б) прекращение существования объекта недвижимости; в) создание объекта недвижимости, за исключением случаев, если кадастровый учет осуществляется на основании разрешения на ввод объекта капитального строительства в эксплуатацию, представленного в порядке, предусмотренном статьей 19 Закона № 218-ФЗ; г) образование или прекращение существования части объекта недвижимости, на которую распространяются ограничения прав и обременения соответствующего объекта недвижимости, если предусматривается ее государственная регистрация.

Экстерриториальный принцип подачи документов делает услуги Росреестра доступными более широкому кругу правообладателей без несения бремени дополнительных транспортных затрат. Для юридических лиц отменено требование об обязательном представлении учредительных документов. При отсутствии возможности установить личность обратившегося будет следовать отказ в приеме документов. Дополнен перечень оснований для возврата заявления и поступивших документов без их рассмотрения.

Одним из наиболее существенных нововведений можно считать сокращение сроков осуществления учета и регистрации прав на объекты недвижимости: 1) кадастровый учет сократится с 10-ти рабочих дней до 5-ти, а регистрация права – с 10-ти рабочих дней до 7-ми; 2) в случае одновременного проведения учета и регистрации срок составит 10 рабочих дней вместо 20-ти. Использование многофункциональных центров как пунктов приема и выдачи документов предполагает увеличение обозначенных сроков на два рабочих дня.

Действующая система кадастрового учета и регистрации прав предусматривает единственное основание для отказа в осуществлении выше обозначенных процедур по решению регистратора – это наличие ранее выявленных и не устраненных причин, препятствующих осуществлению кадастрового учета и регистрации прав в течение установленного законодательством срока.

Расширение случаев, когда в рамках межведомственного взаимодействия происходит передача документов, необходимых для учета и регистрации, значительно упрощает учетно-регистрационную процедуру, а предусматриваемое информирование правообладателя о внесенных изменениях в сведения об объекте недвижимости делает ее прозрачной. Обязанность по информированию возложена на Росреестр [5, 6].

Сведения о едином недвижимом комплексе и предприятии как имущественном комплексе теперь будут вноситься в государственный кадастр недвижимости (ГКН). Не

отменен учет отдельных объектов недвижимости, входящих в состав имущественного комплекса, однако теперь весь имущественный комплекс с точки зрения учета в ГКН будет рассматриваться как сооружение. К таким объектам относятся производственные предприятия, твердые бытовые отходы, автозаправочные станции, железные дороги, линии электропередачи, трубопроводы и другие [7].

Законодательством установлены случаи учета и регистрации единого недвижимого комплекса:

- завершено строительство объектов недвижимости, проектная документация которых предусматривает их эксплуатацию в качестве такого комплекса;
- желание собственника объединить учтенные и зарегистрированные объекты недвижимости, у которых единое назначение, и они неразрывно связаны физически или технологически либо расположены на одном земельном участке.

Регистрация права собственности на предприятие как имущественный комплекс будет возможна только после кадастрового учета и государственной регистрации прав на каждый объект, входящий в его состав.

Появилась возможность оформить в собственность парковочное место. Ранее объектами недвижимости, которые могли быть учтены и зарегистрированы, выступали только гаражи или боксы [8, 9]. Машино-место, расположенное непосредственно внутри здания, на цокольном этаже, стало объектом недвижимости, права на который могут быть зарегистрированы. Нововведение не касается открытых парковочных мест во дворах жилых домов, на отдельных стоянках или у обочин дорог. Необходимость в ограждающих стенах машино-места отсутствует, но его границы необходимо отметить краской или наклейками.

Выводы. Полная реализация вышеперечисленных преобразований будет оказывать непосредственное влияние на:

- правообладателей как заказчиков кадастровых работ;
- кадастровых инженеров как исполнителей кадастровых работ;
- специалистов Росрееста, осуществляющих кадастровый учет и регистрацию объектов недвижимости.

Следует отметить, что подобные преобразования позволяют улучшить заключительный этап оформления недвижимости, но не решают главные проблемы, возникающие в процессе формирования объектов недвижимости, если не соблюдаются основные положения землеустройства [10].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Наймушина Е.А. Организация территории в основе социально-экономического развития региона // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы международного конгресса. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 260-261.
2. Сулин М.А., Степанова Е.А., Ярмоленко А.С. Территориальное землеустройство: Уч. пособие. Великий Новгород: Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого, 2006. 149 с.
3. Информационно-правовой портал «Гарант.ру» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/>.
4. Ильина В.Ю., Иншина Ю.Ю., Козырева Е.В. Некоторые результаты реализации концепции земельной политики в условиях активизации правотворческой функции государства // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2017. № 3. С. 23-26.
5. Гарманов В.В., Богданов В.Л. Информационное обеспечение платности землепользования сельскохозяйственного назначения // Науки о Земле. 2015. № 1. С. 63-71.
6. Сулин М.А., Шишов Д.А. Основы земельных отношений и землеустройства: Учеб. пос. СПб.: Проспект Науки, 2015. 320 с.

7. Уварова Е.Л., Шишов Д.А. Актуальные вопросы земельных отношений в аспекте реализации учетной функции государства (новации процедур кадастрового учета и регистрации прав на объекты недвижимости) // Юридическая мысль. 2017. № 2. С. 144-151.
8. Горбунова Н.О. Предоставление земельных участков под строительство и эксплуатацию промышленных объектов в Северо-Западном регионе РФ // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2016. № 2. С. 12-14.
9. Павлова В.А. Современные формы организации кадастровой деятельности в России // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2011. № 1. С. 38-42.
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. ИСИ. 2015. С. 189-191.

УДК 911.8

Д.А. Шишов, В.Ю. Ильина, Ю.Ю. Иншина
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КАК ОСНОВА ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

Введение. 2017 год объявлен Годом экологии Российской Федерации. Он проводится в целях привлечения внимания общества к вопросам экологического развития России, сохранения биологического разнообразия и обеспечения экологической безопасности. Проведение Года экологии направлено на достижение целей и задач «Основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» и Государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» на 2012-2020 годы.

Переходя к вопросам, связанным с охраной земельных ресурсов, нужно сказать, что земля РФ охраняется как основа жизни и деятельности народов, проживающих на территории страны. Использование земель должно быть осуществлено так, чтобы обеспечить сохранение экологических систем, способность быть средством производства в сельском и лесном хозяйстве, и быть основой хозяйственной деятельности. Основными целями охраны земель являются: предотвращение деградации, уменьшения загрязнения и захламления земель; снижение вредных воздействий хозяйственной деятельности; проведение мероприятий по сохранению почвенного плодородия, защите почв от ветровой и водной эрозии; снижение зарастания сельскохозяйственных земель деревьями и кустарниками.

Цель исследования – определить влияние экологических факторов на использование и охрану земельных ресурсов.

Основным законом, регулирующим вопросы охраны экологии нашей страны, является ФЗ от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей природной среды», определяющий правовые основы государственной политики в области охраны окружающей природной среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Понятие экологической безопасности использования земельных ресурсов является довольно сложным, представляющим из себя состояние защищенности жизненно важных интересов общества и государства от угроз со стороны природных объектов, загрязненных вследствие длительной хозяйственной деятельности населения. Также термин «экологическая безопасность» может рассматриваться как характеризующая вероятность сохранения

качественных и количественных характеристик жизненной среды, обеспечивающих оптимальное значение пространственно-временных циклов воспроизводства процессов жизнедеятельности. А проблема безопасности заключается в несоответствии экологической ситуации возрастающим жизненным потребностям населения планеты.

Сохранение природы и улучшение окружающей среды являются приоритетными направлениями деятельности государства [1]. Для обеспечения эффективного государственного управления охраной земельных ресурсов важны:

- развитие государственного регулирования охраны и использования земельных ресурсов с учетом различных форм их освоения;
- четкое разграничение ответственности в области контроля над использованием ресурсов и состоянием окружающей природной среды;
- учет экологических проблем;
- внедрение новых технологий, осуществление программ мелиорации земель и повышения плодородия почв.

К числу факторов, которые приводят к ухудшению экологических условий, относятся:

- сокращение запасов ресурсов (при возрастающем росте их потребления);
- увеличение численности населения (при сокращении территории, предназначенной для проживания людей) [2];
- истончение озонового слоя;
- изменения климата.

Вопросы охраны земель и обеспечения рационального землепользования имеют высокий приоритет в российском законодательстве. Важнейшим принципом, закрепленным в ст. 1 Земельного кодекса Российской Федерации, является приоритет охраны земли как важнейшего компонента окружающей среды и средства производства в сельском и лесном хозяйстве перед использованием земли в качестве недвижимого имущества [3, 4]. В последнее время земля рассматривается преимущественно как объект недвижимости без учета ее природных и экологических качеств [5].

Результаты. Государственная земельная политика Российской Федерации по управлению земельным фондом Российской Федерации (в рамках Распоряжения Правительства РФ от 03.03.2012 № 297-р (в ред. от 28.08.2014) «Об утверждении Основ государственной политики использования земельного фонда Российской Федерации на 2012-2020 годы») является целенаправленной деятельностью государства для создания и совершенствования правовых, экономических, социальных и организационных условий развития земельных отношений, которая осуществляется исходя из понимания о земельных участках как об особых объектах природного мира, используемых в качестве основы жизни и деятельности человека, средства производства в сельском хозяйстве и иной деятельности, и одновременно как о недвижимом имуществе с особым правовым режимом [6, 7].

Содержание понятия Государственной земельной политики Российской Федерации по управлению земельным фондом полностью направлено на развитие земельных отношений нашей страны. В эколого-правовом аспекте земельные отношения в обобщенном виде понимаются как совокупность общественных отношений, возникающих в связи с распределением, использованием и охраной земель. Ведущие специалисты в области сельского хозяйства, и экологи определяют земельные отношения как отношения по поводу владения, пользования и распоряжения землей в качестве важнейшего элемента окружающей природной среды, основного средства производства и пространственного базиса для размещения народно-хозяйственных объектов экономики [8, 9].

Любая концепция по использованию природных ресурсов Российской Федерации, включая земельные ресурсы, проходит сложный фильтр различных экспертиз, включая и

экологическую экспертизу норм, способных влиять на сложившуюся эколого-правовую ситуацию в государстве.

К целям и задачам экологизации систем управления и использования земельного фонда государства можно отнести следующие:

- повышение эколого-правовой эффективности использования земель;
- осуществление охраны земель как базиса окружающей среды и как главного средства производства в системе обеспечения продовольственной безопасности страны;
- создание эколого-экономических условий для полного, рационального и эффективного использования земельных участков, сохранение объектов культурного наследия;
- обеспечение эффективной охраны объектов природы;
- повышение качественного состояния (производительного потенциала) земель;
- совершенствование императивных форм режима особо охраняемых земель.

К отдельным вопросам сохранения производственного потенциала земель следует отнести восстановление производительной способности мелиорированных земель как условия поддержания заданных почвенных характеристик земель сельскохозяйственного назначения [10-14].

Выводы. Все перечисленные выше задачи экологизации ресурсопотребления во всех отраслях, несомненно, являются и перспективными, и ресурсоемкими в финансовом отношении. Поэтому первоначальной, на наш взгляд, является необходимость глубокого эколого-экономического зондирования территории и осуществления комплексных кадастровых и землеустроительных работ, направленных на оценку ресурсной базы формирования органического земледелия на основе формирования агроландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Наймушина Е.А. Организация территории в основе социально-экономического развития региона // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы международного конгресса. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, С, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 260-261.
2. Уварова Е.Л., Дудник В.Р. Экологический аспект формирования границ земельного участка в населенном пункте // Вестник факультета землеустройства СПбГАУ. 2017. № 3. С. 59-61.
3. Павлова В.А. Санкции, применяемые к нарушителям природоохранного законодательства // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2007. – № 3. – С. 51-52.
4. Сулин М.А., Павлова В.А. Охрана земли как важнейшая функция государства // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: Материалы международного конгресса. Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, СПбГАУ, ООО «Экспофорум-Интернэшнл». 2017. С. 321-323.
5. Павлова В.А., Уварова Е.Л., Шишов Д.А. Кризисные явления в межотраслевом перераспределении земельных ресурсов (по материалам Ленинградской области) // Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 32. С. 77-82.
6. Шишов Д.А., Ревнова М.Б. Правовая основа государственного управления земельными ресурсами на современном этапе // Правовая политики и правовая жизнь. 2004. № 3. С. 42-49.
7. 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.
8. Козырева Е.В. Землеустроительные действия при установлении охранных зон объектов инженерной инфраструктуры // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: Материалы НПК профессорско-преподавательского состава СПбГАУ. 2015. С. 153-158.
9. Козырева Е.В. Концепция категорий земель в системе управления земельными ресурсами Российской Федерации. Сельскохозяйственный аспект // Роль молодых ученых в решении актуальных

задач АПК: Сборник научных трудов международной НПК молодых ученых и студентов СПбГАУ. 2016. С. 272-274.

10. Terleev V., Nikonorov A., Togo I., et al. Modelling the hysteretic water retention capacity of soil for reclamation research as a part of underground development // Procedia Engineering. 2016. Vol. 165. P. 1776-1783.

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. 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. С. 35-46.

13. 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.

14. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // В сборнике: Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.

УДК 349.6

С.В. Яременко, И.И. Саликов
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ПРАВОВЫХ АСПЕКТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРАВОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЕЛЬ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Введение. В современных условиях вопрос совершенствования эколого-правовых аспектов обеспечения правового режима земель РФ стоит особенно остро. Это связано с большим количеством вызовов перед современной Россией. К таким вызовам можно отнести обеспечение продовольственной безопасности страны. Также актуальность темы обуславливается тем, что (несмотря на научные и практические разработки по совершенствованию правового режима земель Российской Федерации) проблемы по данному вопросу не поучили исчерпывающего разрешения. Некоторые вопросы остаются спорными.

Цель исследования – проанализировать обеспечение правового режима общественных отношений в сфере использования и охраны земельных ресурсов на примере земель сельскохозяйственного назначения.

Задачи работы: 1) рассмотреть теоретические и прикладные вопросы обеспечения правового режима земель; 2) исследовать динамику использования земельного фонда в целом и земель сельскохозяйственного назначения в частности; 3) определить пути сохранения и повышения производительного потенциала, а также сохранения экологически допустимого состояния земель сельскохозяйственного назначения.

Теоретико-методологическую основу исследования составляют: законодательство обеспечения правового режима земель РФ, статистические данные, основанные на национальных докладах о состоянии и использовании земельных ресурсов, и текст законопроекта № 465407-6 «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации, отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу законодательных актов (отдельных положений законодательных актов) Российской Федерации» [1].

Правовой режим земель включает в себя нормы, регулирующие земельные отношения в зависимости от видов разрешенного использования и целей производства. Он регулирует вопросы оборота и охраны земель, а также определяет ответственность за нарушение законодательной базы по данному вопросу. Государство контролирует действия, связанные с

использованием, продажей или охранный земель, в особенности – земель сельскохозяйственного назначения, поскольку их состоянием определяется продовольственная безопасность государства. Для этого приняты различные законы и постановления Правительства, которые формируют правовую базу обеспечения режима целевого использования земель.

В настоящее время отмечается сокращение площади земель сельскохозяйственного назначения. Огромные территории не используются и зарастают лесом. Кроме того, земли данной категории активно выводятся из оборота и переводятся в состав земель населенных пунктов, что делает земли непригодными для возделывания сельскохозяйственных культур в связи с загрязнением почвы и несовместимостью, с точки зрения экологии, процессов урбанизации и аграрного производства [2]. На протяжении 5 лет было утрачено 16.3 млн. га земель сельскохозяйственного назначения. Несмотря на увеличение импортозамещения и повышение роли сельского хозяйства в обеспечении продовольственной безопасности страны, указанная негативная тенденция наблюдается и в настоящее время [3].

Результаты. Из проанализированных данных следует, что всего 29 % сельскохозяйственных земель находится в собственности граждан. Причем, активно используются по целевому назначению далеко не все земли, находящиеся в частной собственности. Это может быть связано с рядом причин, одна из которых – непрестижность фермерства [4]. На наш взгляд, необходимо стимулировать заинтересованность граждан в фермерстве и всячески поощрять инициативу населения заниматься сельским хозяйством. В частной собственности находится всего 7.8% земельного фонда, 1.1% в собственности юридических лиц и 6.7% в собственности граждан. Это – очень маленький показатель, характеризующий нежелание (или невозможность) граждан выступать в роли землепользователей, что может негативно сказаться в реализации экономического и экологического потенциала земель.

По мнению авторов, если население будет заинтересованно в приобретении и использовании земель сельскохозяйственного назначения для возделывания культур, то это напрямую скажется на экологической составляющей. В настоящее время среди населения очень популярна экологически чистая продукция, выращенная без использования опасных веществ. Эти вещества зачастую аккумулируются почвой, поступают в природные воды и ухудшают условия окружающей среды [5-9]. Но если в данной отрасли повысить конкуренцию, то фермеры будут заинтересованы не только в количественной составляющей своей продукции, но и в ее «чистоте», а значит, фермеры будут использовать более экологичные методы возделывания сельскохозяйственных культур.

Задачи повышения производительного потенциала земель сельскохозяйственного назначения заключаются в усилении правовой базы, сохранении функции управления земельными ресурсами за государством, уменьшении бюрократических препятствий в регулировании земельных отношений [10], ужесточении земельного контроля и создании единой и прозрачной системы охраны земельных ресурсов. Вместе с тем, необходимо учитывать, что поспешное необдуманное решение по данному вопросу может навредить действующей системе управления земельными ресурсами и их охраны [11, 12]. Разумеется, существует необходимость модернизации действующей системы, но для внесения масштабных изменений необходимо подготовить прочную законодательную базу, отвечающую современным вызовам [13].

В настоящее время Правительством принят ряд решений по сохранению производственного потенциала земель сельскохозяйственного назначения. К числу таких решений относятся: возвращение большого количества сельскохозяйственных земель в гражданский оборот, прекращение нерационального перевода сельскохозяйственных земель в другие категории, стимулирование собственников использовать сельскохозяйственные земли

по назначению. Вместе с тем, по мнению авторов, следует: отказаться от бесплатного перевода земель сельскохозяйственного назначения в другие категории; повысить земельный налог для собственников, которые используют в производстве вещества, загрязняющие окружающую среду [14]; разрешить фермерам строить на этих землях жилье и коммуникации; понизить земельный налог при условии экологически чистого производства.

Выводы. Учитывая современные тенденции, следует укреплять правовую систему защиты государственного земельного фонда. Несмотря на то, что существующая система в значительной мере отвечает современным вызовам, ее придется модернизировать, чтобы она была еще более эффективной и прозрачной. Но модернизацию следует осуществлять постепенно, без необоснованной трансформации уже действующих эколого-правовых механизмов по управлению и охране земель как уникального природно-хозяйственного ресурса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ФЗ № 465407-6 «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации, отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу законодательных актов (отдельных положений законодательных актов) Российской Федерации» // СПС КонсультантПлюс.
2. Гарманов В.В., Богданов В.Л., Заварин Б.В. Обоснование экономической целесообразности использования нарушенных земель // Науки о Земле. 2015. № 4. С. 7-11.
3. Павлова В.А., Уварова Е.Л. Фермерство как генезис капиталистических отношений в России // Известия СПбГАУ. 2015. № 40. С. 180-186.
4. Гарманов В.В., Терлеев В.В., Итикеев И.И. Влияние эколого-экономических факторов на кадастровую стоимость земель сельскохозяйственного назначения // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов международной НПК профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере»: в 2-частях. 2017. С. 333-337.
5. Nikonorov A., Terleev V., Pavlov S., et al. Applying the model of soil hydrophysical properties for arrangements of temporary enclosing structures // Procedia Engineering. 2016. Vol. 165. С. 1741-1747.
6. 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.
7. 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. С. 35-46.
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.
9. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // В сборнике: Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.
10. Шишов Д.А. Некоторые аспекты реализации современной концепции управления земельным фондом Российской Федерации // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. 2016. С. 182-185.
11. Шишов Д.А., Андреев Н.Р. Ресурсные составляющие производственного потенциала АПК в системе детерминированных связей // Известия Международной академии аграрного образования. 2012. Т. 2. № 15. С. 140-145.
12. Шишов Д.А. Парадоксы государственной политики Российской Федерации по управлению земельным фондом государства // Известия СПбГАУ. 2016. № 43. С. 299-303.
13. Шишов Д.А., Заварин Б.В. Эколого-правовые механизмы сохранения производительного потенциала земель // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках. 2017. С. 334-335.
14. Шишов Д.А. Экологические особенности использования и охраны земельных ресурсов // Экономический вестник. 2003. № 9. С. 165-166.

АППРОКСИМАЦИЯ ОТНОШЕНИЯ ФУНКЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ
ПОЧВЫ К КОЭФФИЦИЕНТУ ФИЛЬТРАЦИИ

Введение. Способность почвы проводить воду описывается функцией гидравлической проводимости в виде функциональной зависимости скорости влагопереноса k (м/с) от объемной влажности почвы θ (м³/м³) или от капиллярного давления влаги ψ (м вод. ст.) [1, 2]. В условиях полного влагонасыщения почвы скорость нисходящего потока воды под действием силы тяжести оценивается коэффициентом фильтрации k_s (м/с). При иссушении почвы действие силы тяжести постепенно уступает капиллярно-сорбционным силам, которые удерживают влагу в почвенном профиле. Водоудерживающая способность почвы описывается функцией $\theta(\psi)$, которая называется основной гидрофизической характеристикой (ОГХ) почвы [3]. При низких значениях величин θ и ψ вследствие взаимодействия воды с твердой фазой почвы выполняется неравенство $k \ll k_s$. При формулировании зависимостей $\theta(\psi)$ и $k(\psi)$ обычно применяются эмпирические функции, используемые для точечной аппроксимации данных лабораторных измерений [3-8]. Это является весьма трудоемким процессом. При математическом моделировании гидравлической проводимости существуют проблемы физической интерпретации параметров модели, а также аппроксимации этой модели в классе элементарных функций.

Цель работы – исследовать возможность использования аппроксимации отношения функции гидравлической проводимости почвы к коэффициенту фильтрации почвенной влаги.

Результаты. По определению функция $\theta(\psi)$ является первообразной функции дифференциальной влагоемкости почвы $\mu(\psi)$. Для расчета $\mu(\psi)$ широко практикуется подбор функций, которые аппроксимируют измеренную ОГХ, а затем эти аппроксимации дифференцируют. Однако подобная операция может приводить к физически абсурдным результатам, поскольку операция дифференцирования является по определению неустойчивой операцией по отношению к аппроксимациям. Преодолеть этот очевидный недостаток позволяет подход, предложенный Косуги [9]. Преимуществом данного подхода является физико-статистическая интерпретация параметров, которые являются общими для функций дифференциальной влагоемкости, водоудерживающей способности и гидравлической проводимости почвы. Однако, по причине отсутствия эффективного метода оценки данных параметров модель Косуги не получила широкого практического применения.

На основе идей о распределении эффективных радиусах почвенных пор по логнормальному закону, а также представлений о капиллярных явлениях в поровом пространстве почвы была получена формула для функции дифференциальной влагоемкости почвы [10]. Результатом интегрирования и преобразования этой функции является следующая система соотношений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = \begin{cases} \theta_r + (\theta_s - \theta_r)(1/2) \operatorname{erfc}\left(\left(\frac{n\sqrt{\pi}}{4}\right) \ln(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))\right), & \psi < \psi_{ae}; \\ \theta_s, & \psi \geq \psi_{ae}, \end{cases} \quad (1a) \\ \frac{k(\psi)}{k_s} = \begin{cases} \left(\frac{1}{4\sqrt{2}}\right) \sqrt{\operatorname{erfc}\left(\left(\frac{n\sqrt{\pi}}{4}\right) \ln(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))\right)} \left(\operatorname{erfc}\left(\left(\frac{n\sqrt{\pi}}{4}\right) \ln(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))\right) + \frac{2}{n\sqrt{\pi}}\right)^2, & \psi < \psi_{ae}; \\ 1, & \psi \geq \psi_{ae}, \end{cases} \quad (1b) \end{array} \right.$$

где θ_r и θ_s – соответственно минимальное и максимальное значения величины объемной влажности почвы; ψ_{ae} – давление барботирования (см H₂O); α – размерный параметр, обратно

пропорциональный величине Ψ_0 – капиллярному давлению, соответствующему наиболее вероятному значению радиуса капиллярной поры (см H_2O); n – параметр, который является величиной, обратно-пропорциональной стандартному отклонению нормальной случайной величины – логарифма эффективного радиуса капиллярной поры (b/p).

Для частного случая $r_{\max} \gg r$ можно принять $\psi_{ae} = 0$, тогда соотношения (1a) и (1b) принимают вид формул Косуги.

В соотношениях (1a) и (1b) используется специальная функция ошибок

$\operatorname{erfc}(z) = 1 - (2/\sqrt{\pi}) \int_0^z \exp(-t^2) dt$. С использованием аппроксимации Виницкого почвенно-гидрофизические функции, описываемые соотношениями (1a) и (1b), преобразованы к более простому виду:

$$\begin{cases} \theta \approx \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{1 + (-\alpha(\psi - \psi_{ae}))^n}, \psi < \psi_{ae}; & \theta(\psi) = \theta_s, \psi \geq \psi_{ae}; \\ \frac{k(\psi)}{K_s} \approx \frac{1/\sqrt{1 + (-\alpha(\psi - \psi_{ae}))^n}}{(1 + \exp(\frac{8}{n\pi}))(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))^n}, \psi < \psi_{ae}; & \frac{k(\psi)}{K_s} = 1, \psi \geq \psi_{ae}. \end{cases} \quad (2a) \quad (2b)$$

Выводы. Аппроксимация позволяет идентифицировать параметры почвенно-гидрофизических функций, оценивать значения отношения гидравлической проводимости почвы к коэффициенту фильтрации. Кроме того упрощенная модель позволяет значительно снизить трудоемкость расчетов. Соотношение (2a) применяется для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в системе имитационного моделирования AGROTOOL [11-14] с учетом агрохимического состояния почвы [15, 16] и влагообеспеченности растений [17].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-01473а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. 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.
2. 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. С. 35-46.
3. Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 356 с.
4. Глобус А.М. Почвенно-гидрофизическое обеспечение агроэкологических математических моделей. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 427 с.
5. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонир. № RU94001487. 19.01.1994.
6. Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почв как капиллярно-пористых тел. Учебно-методическое пособие / Санкт-Петербургский государственный университет; Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН. Санкт-Петербург. 2000.
7. Заславский Б.Г., Опарина И.В., Терлеев В.В. Диалоговая система формирования банка гидрофизических характеристик почв // Российская сельскохозяйственная наука. 1988. № 11. С. 40-42.
8. Терлеев В.В. Информационная поддержка модели влагопереноса в почве. Депонированная рукопись. № RU94001479. 15.12.1988.
9. Kosugi K. Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties // Water Resour. Res. 1996. Vol. 32. P. 2697-2703.
10. Терлеев В.В., Баденко В.Л., Топаж А.Г. и др. Преимущества усовершенствованного метода Муалема-Ван Генухтена на примере глинистой почвы // Агрофизика. 2014. № 4 (16). С. 27-34.

11. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.
12. Полуэктов Р.А., Топаж А.Г., Опарица И.В. и др. AGROTOOL, V3 – Программа для моделирования продукционного процесса сельскохозяйственных растений, 2008. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2008613823 26.06.2008.
13. Полуэктов Р.А., Топаж А.Г., Терлеев В.В. и др. AGROTOOL, V.4 – Программа для поливариантного расчета динамики продукционного процесса сельскохозяйственных растений, 2011. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2011611819 13.01.2011.
14. 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. P. 1688-1691.
15. Терлеев В.В. Моделирование обмена, переноса и поглощения фосфора и калия в корнеобитаемом слое почвы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН. СПб., 2001.
16. Терлеев В.В., Кокотов Ю.А., Крейер К.Г., Федотов М.В. исследование обменного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве методом Бекетта // Агрохимия. 2000. № 9. С. 28-34.
17. 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 631.43

Р.С. Гиневский¹, В.А. Лазарев¹, Е.Л. Уварова²

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАБОРА МОДЕЛЕЙ ГИСТЕРЕЗИСА ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ ДЛЯ РАСЧЕТА СОРБЦИОННЫХ И ДЕСОРБЦИОННЫХ ВЕТВЕЙ В ПРОГРАММЕ «HYSTERESIS»

Введение. Важной составной частью инженерных изысканий при обосновании предпроектных решений в мелиоративном строительстве является исследование гидрологических условий территории. Данные этих исследований имеют большое значение при выполнении технологических расчетов в период эксплуатации мелиоративных систем. Наличие достоверной информации о гидрофизических свойствах почвы является предпосылкой достижения высокой точности инженерных и технологических расчетов. Одним из таких свойств является водоудерживающая способность почвы, называемая также основной гидрофизической характеристикой (ОГХ). Этот показатель принято описывать в виде зависимости объемной влажности почвы θ ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$) от капиллярного давления влаги ψ ($\text{см H}_2\text{O}$) [1]. При построении математической модели водоудерживающей способности почвы существует проблема физического обоснования и учета явления гистерезиса.

Цель исследования – обоснование использования программы «HYSTERESIS», для расчета петель гистерезиса, образованных ветвями иссушения и увлажнения водоудерживающей способности почвы, а также описание алгоритма этого расчета.

Результаты. Концепции о логнормальном распределении пор по размерам, а также о капиллярных явлениях в поровом пространстве представляются весьма продуктивным при моделировании гидрофизических свойств почвы [2]. Для описания водоудерживающей способности почвы используются различные соотношения [3-5]. В [6-8] представлено обоснование «логнормальной» модели водоудерживающей способности почвы и ее аппроксимация в классе элементарных функций:

$$S_e \approx \begin{cases} \left(1 + \left(\frac{\Psi - \Psi_{ae}}{\Psi_0 - \Psi_{ae}}\right)^n\right)^{-1}, & \Psi < \Psi_{ae}; \\ 1, & \Psi \geq \Psi_{ae}, \end{cases} \quad (2)$$

Гидрофизические параметры почвы

Параметры ОГХ

Ψ_{min} -450.0000 Ψ_{max} 10.0000

Θ_l 0.0900 Θ_s 0.3600

Ψ_{ae} 0.0000 Ψ_{we} 0.0000

$\Psi_{0,d}$ -111.1200 $\Psi_{0,w}$ -42.5300

N_d 3.7000 N_w 3.7000

Аппроксимация кривой ОГХ

☒ Haverkamp et al. ☐ Kosugi ☐ Van Genuchten

Презентация Идентификация

Шаг №

Невязка

Добавка

Код завершения

Алгоритм

☒ ASA ☐ BC ☐ LM

Fitting Stop

OK Cancel

Объемная влажность почвы

Потенциал почвенной влаги (см вод. ст.)

X = 10.0000 Y = 0.3600 Exp. Data σ δ

Рис. 8. Представленные в программе «HYSTERESIS» параметры почвы

Использование аппроксимации (2) здесь не приводит к заметному возрастанию погрешности, а, кроме того, ОГХ (1) сводится к модели Хаверкампа [9], но уже с уточненной физической интерпретацией параметров. Сама функция (1) при $\Psi_{ae} = 0$ сводится к модели Косуги [10]. Переход от модели Косуги к модели Хаверкампа подразумевался также в модели Ван-Генухтена [11], имеющей в настоящий момент широкое распространение, но в тоже время – физическую необоснованность.

Методика расчета по трем описанным выше функциям ОГХ – модернизированные (наличием параметра Ψ_{ae} и его физическим обоснованием) модели Хаверкампа и Косуги, – а также применяемая в мировой практике модель Ван-Генухтена были положены в основу программы «HYSTERESIS». Ранее авторами данной статьи использовалась и обосновывалась методика расчета гидрофизических свойств почвы в этой программе [12, 13] с использованием литературных данных. Результаты расчетов с использованием аппроксимации (2) сравнивались (по критерию точности) с представленными в литературе результатами расчетов по другим моделям.

В настоящее время в программе есть возможность расчета с фиксированием значений отдельных параметров или совместным их варьированием (выполняется нажатием «!=» между столбиками параметров, см. рис. 1).

Это позволяет, например, получить модель гистерезиса водоудерживающей способности почв Кула-Паркера [14] при расчете по ОГХ Ван-Генухтена и закреплении $\Psi_{ae} = \Psi_{we} = 0, N_w = N_d$. Подобный подход позволяет проводить эксперименты на тех почвах, на которых никакие модели ранее не апробировались. Более того, комбинируя представленные в программе модели ОГХ и изменяя статус варьирования параметров, можно сгенерировать заранее заданную модель гистерезиса водоудерживающей способности почв.

В дополнение к этому программа способна оценивать точность полученных результатов по таким критериям, как среднее квадратичное и среднее абсолютное отклонения. Это позволяет в ходе вычислительного эксперимента обосновать использование функции (2) как наиболее точной и перспективной для дальнейшего использования.

Выводы. Моделирование водоудерживающей способности и учет явления гистерезиса необходимы для наиболее точного исследования гидрологических условий территории в гидромелиоративном строительстве, оценки ее гидрофизических свойств, а также для расчетов урожайности и норм поливов сельскохозяйственных культур [15, 16]. Соотношение (2), вошедшее в программу «HYSTERESIS», позволяет значительно снизить трудоемкость определения параметров ОГХ, а значит повысить экономичность и эффективность исследований.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-01473а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. 356 с.
2. D'Hollander E.H. Estimation of the pore size distribution from the moisture characteristic // Water Resour. Res. 1979. Vol. 15. P. 107-112.
3. Kosugi K. Three-parameter lognormal distribution model for soil water retention // Water Resour. Res. 1994. Vol. 30. P. 891-901.
4. Kosugi K. Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties // Water Resour. Res. 1996. Vol. 32. P. 2697-2703.
5. Kosugi K., Hopmans J.W. Scaling water retention curves for soils with lognormal pore-size distribution // Soil Sci. Soc. Am. J. 1998. Vol. 62. P. 1496-1505.
6. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сборнике: Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата. Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Агрофизического НИИ. 2012. С. 497-501.

7. 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.
8. 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. С. 35-46.
9. Haverkamp R., Vauclin M., Touma J. et al. A comparison of numerical simulation model for one-dimensional infiltration // Soil Sci. Soc. Am. J. 1977. Vol. 41. P. 285-294.
10. Kosugi K. Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties // Water Resour. Res. 1996. Vol. 32. P. 2697-2703.
11. Van Genuchten M.Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 1980. Vol. 44. P. 892-989.
12. Лазарев В.А., Гиневский Р.С. Аппроксимация логнормальной модели гистерезиса водоудерживающей способности в классе элементарных функций на примере песчаной почвы // В сборнике: Политехническая неделя в Санкт-Петербурге. 2016. С. 399-402.
13. Гиневский Р.С., Лазарев В.А., Онучина Д.Д., Хамзин Э.Р. Идентификация параметров математической модели по данным о главных и сканирующих ветвях гистерезиса водоудерживающей способности на примере песчаной почвы // В сборнике: Политехническая неделя в Санкт-Петербурге. 2016. С. 406-408.
14. Kool J.B., Parker J.C. Development and evaluation of closed-form expressions for hysteretic soil hydraulic properties // Water Resources Research. 1987. Vol. 23. P. 105-114.
15. 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.
16. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // В сборнике: Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.

УДК 631.43

В.А. Лазарев, Р.С. Гиневский, А.А. Кулова
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБОСНОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ОТНОШЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ПОЧВЫ К КОЭФФИЦИЕНТУ ФИЛЬТРАЦИИ ПО ДАННЫМ О ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ

Введение. В инженерно-мелиоративных расчетах [1, 2] и прогнозных вычислениях влагообеспеченности урожаев сельскохозяйственных культур [3] широко используются гидрофизические свойства почвы, например – ее гидравлическая проводимость. Здесь исследуется усовершенствованная модель Муалема-Ван Генухтена для оценивания относительных значений функции гидравлической проводимости (ФГП) по данным о водоудерживающей способности почвы [4].

Цель исследования – обоснование метода оценки отношения функции гидравлической проводимости почвы к коэффициенту фильтрации влаги.

Результаты. Одним из важнейших гидрофизических свойств почвы является ее водоудерживающая способность. Для описания этого свойства используется показатель, который называется основной гидрофизической характеристикой (ОГХ) почвы [5]. Этот показатель имеет вид зависимости объемной влажности почвы θ ($\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$) от капиллярного давления влаги ψ ($\text{см H}_2\text{O}$). Кроме того, для описания гидрофизических свойств почвы применяется показатель, который называется гидравлической проводимостью почвы. Этот показатель имеет вид зависимости коэффициента влагопроводности почвы k ($\text{см} \cdot \text{с}^{-1}$) от капиллярного давления влаги [6]. Проблема заключается в малой доступности

экспериментальных данных относительно $\theta(\psi)$ и $k(\psi)$ по причине высокой трудоемкости прямых измерений указанных зависимостей.

Известно, что в природных почвах поры являются преимущественно капиллярными. В поперечном сечении капилляры весьма различаются и по конфигурации, и по площади, что обусловлено случайным сочетанием контактирующих почвенных частиц различной формы и размера. В качестве базиса для математического описания гидрофизических свойств почвы принята концепция о системе цилиндрических пор кругового поперечного сечения, а для описания распределения объемов почвенных капилляров используется случайная логарифмически нормальная величина – эффективный радиус поры: $\bar{r} = (r - r_{\min}) / (r_{\max} - r)$, где $\bar{r}$ – радиус поры; $r_{\min}$ – радиус наименьшей поры, а $r_{\max}$ – радиус наибольшей поры. Используя представления об эффективных радиусах почвенных пор, распределенных по логнормальному закону [7], и на понятия о капиллярных явлениях в поровом пространстве почвы, была получена формула для функции дифференциальной влагоемкости (ФДВ) почвы, для которой ОГХ является первообразной:

$$\mu(\psi) = \begin{cases} -(\theta_s - \theta_r)(n/4)/(\psi - \psi_{ae}) \exp(-\pi(n/4)^2 \ln^2(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))), & \psi < \psi_{ae}; \\ 0, & \psi \geq \psi_{ae}. \end{cases} \quad (1)$$

Параметры формулы (1) имеют физико-статистическую интерпретацию [8].

Расчет отношения функции гидравлической проводимости (ФГП) почвы к коэффициенту фильтрации почвенной влаги осуществляется по методу Муалема [9]:

$$k/k_s = \sqrt{S_e} \left(\int_0^{S_e} dx / \psi(x) \right) / \int_0^1 dx / \psi(x)^2, \quad (2)$$

где S_e – относительное влагонасыщение почвы (отношение удельного объема пор, занятых жидкой влагой, к максимальному значению этого объема), k_s – коэффициент фильтрации почвенной влаги ($\text{см} \cdot \text{с}^{-1}$).

С помощью данной модели и формулы Муалема может быть вычислено отношение $(k(\psi)/k_s)$:

$$\begin{cases} S_e = \begin{cases} \theta_r + (\theta_s - \theta_r)(1/2) \operatorname{erfc}((n\sqrt{\pi}/4) \ln(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))), & \psi < \psi_{ae}; \\ \theta_s, & \psi \geq \psi_{ae}, \end{cases} \\ \frac{k(\psi)}{k_s} = \begin{cases} \left(\frac{1}{4\sqrt{2}} \right) \sqrt{\operatorname{erfc}\left(\left(\frac{n\sqrt{\pi}}{4}\right) \ln(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))\right)} \left(\operatorname{erfc}\left(\left(\frac{n\sqrt{\pi}}{4}\right) \ln(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))\right) + \frac{2}{n\sqrt{\pi}} \right)^2, & \psi < \psi_{ae}; \\ 1, & \psi \geq \psi_{ae}. \end{cases} \end{cases} \quad (3a) \quad (3b)$$

где $\alpha = r_{\max} \bar{r}_0 / \beta$; $n = 4 / (\sigma \sqrt{2\pi})$; $\beta = 2\gamma \cos \varphi / (g \rho_w)$; ψ_{ae} – давление барботирования; $\bar{r}_0$ – эффективный радиус поры, при котором случайная величина $\ln \bar{r} = (r - r_{\min}) / (r_{\max} - r)$ достигает наиболее вероятного значения; σ – стандартное отклонение случайной величины $\ln \bar{r}$; γ – коэффициент поверхностного натяжения почвенной влаги на границе с воздухом; φ – краевой угол смачивания водой поверхности твердой фазы почвы; g – ускорение свободного падения; ρ_w – плотность воды.

Параметры α , ψ_{ae} и n являются общими для функций $\mu(\psi)$, $k(\psi)/k_s$ и $\theta(\psi)$. Таким образом, если доступны данные по таким гидрофизическим показателям, как водоудерживающая способность почвы и коэффициент фильтрации влаги, то имеется возможность оценить параметры всех трех функции путем точечной аппроксимации данных прямых измерений ОГХ [8].

Выводы. В математической модели, описывающей гидрофизические свойства почвы, параметры физически интерпретированы. В этой связи, преимуществами применяемой здесь модели являются: во-первых, – возможность идентификации параметров почвенно-

гидрофизических функций по относительно доступным показателям почвы [10-14]; во-вторых, – более высокая точность расчета значений ФГП в широком диапазоне варьирования капиллярного давления влаги (возможность физической экстраполяции результатов); в-третьих, – отказ от использования по определению неустойчивой операции дифференцирования для расчета значений ФДВ и применение в качестве параметра уравнения Ричардса физически обоснованной функции $\mu(\psi)$ с параметрами, которые являются общими как для ОГХ, так и для ФГП. При помощи этого достигается возможность существенного повышения точности вычислений при использовании итерационных процедур для численного решения уравнения.

Практическое использование предложенной модели вкупе с методами прецизионной оценки влагообеспеченности агроценозов [15] позволит повысить эффективность использования водных ресурсов в ирригационном земледелии.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-01473а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. 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.
2. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Терлеев В.В., Латышев Н.К., Крылова И.Ю., Глядченкова Н.А. Определение водно-физических свойств почв при мелиоративных изысканиях // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 2. С. 18-21.
3. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.
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. 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. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // Научно-технический бюллетень по агрономической физике. 1988. Т. 72. С. 33-36.
7. Kosugi K. Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties // Water Resour. Res. 1996. Vol. 32. P. 2697-2703.
8. Терлеев В.В., Mirschel W., Баденко В.Л. и др. Физико-статистическая интерпретация параметров функции водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2012. № 4. С. 1-8.
9. Mualem Y. A new model for predicting hydraulic conductivity of unsaturated porous media // Water Resour. Res. 1976. Vol. 12. P. 513-522.
10. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонир. № RU94001487. 19.01.1994.
11. Терлеев В.В. Информационная поддержка модели влагопереноса в почве. Депонированная рукопись. № RU94001479. 15.12.1988.
12. Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почв как капиллярно-пористых тел. Учебно-методическое пособие / Санкт-Петербургский государственный университет; Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН. Санкт-Петербург. 2000.
13. Заславский Б.Г., Опарина И.В., Терлеев В.В. Диалоговая система формирования банка гидрофизических характеристик почв // Российская сельскохозяйственная наука. 1988. № 11. С. 40-42.
14. Terleev V.V., Mirschel W., Wenkel K.-O., Schindler U. Estimation of soil water retention curve using some agrophysical characteristics and Voronin's empirical dependence // International Agrophysics. 2010. Vol. 24, No 4. P. 381-387.
15. 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.

СРАВНЕНИЕ ЧЕТЫРЕХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ГИСТЕРЕЗИСА ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ ПО КРИТЕРИЮ ТОЧНОСТИ АППРОКСИМАЦИИ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ О ГЛАВНЫХ ВЕТВЯХ ПЕТЛИ

Введение. Для описания гидрофизических свойств почвы, необходимых на стадии изысканий в гидромелиоративном строительстве [1, 2], целесообразно применять математическую модель почвы. Она позволяет проводить вычислительные эксперименты, а также численно рассчитывать и оценивать ряд важных гидрофизических показателей почвы, таких как ее водоудерживающая способность. Этот показатель называется основной гидрофизической характеристикой (ОГХ) почвы. При построении математической модели водоудерживающей способности почвы существует проблема физического обоснования [3-5] и учета явления гистерезиса [6, 7].

Цель исследования – оценка точности описания главных ветвей петли гистерезиса с использованием четырех моделей гистерезиса водоудерживающей способности почвы.

Для описания ОГХ авторы используют аппроксимацию [8, 9]:

$$S_e \approx \begin{cases} \left(1 + \left(\frac{\Psi - \Psi_{ae}}{\Psi_0 - \Psi_{ae}}\right)^n\right)^{-1}, & \Psi < \Psi_{ae}; \\ 1, & \Psi \geq \Psi_{ae}, \end{cases} \quad (1)$$

где S_e – относительное влагонасыщение почвы (отношение удельного объема пор, занятых жидкой влагой, к максимальному значению этого объема); Ψ – капиллярное давление влаги (см H_2O); Ψ_{ae} – давление барботирования (см H_2O), Ψ_0 – капиллярное давление, которое соответствует наиболее вероятному значению радиуса капиллярной поры (см H_2O); n – параметр, который является величиной, обратно-пропорциональной стандартному отклонению нормальной случайной величины – логарифма эффективного радиуса капиллярной поры (б/р).

Соотношение (1) физически обосновано, а кроме того сведено по виду к модели Хаверкампа [10], известной и применяемой в мировой практике.

Для достижения цели исследования авторы использовали литературные данные о водоудерживающей способности четырех почв легкого гранулометрического состава: почвы *Rubicon sandy loam* и *Rideau clayey loam* из каталога почв Муалема [11], *White silica sand* [12] и *Dune sand* [13].

Результаты. Проведенный вычислительный эксперимент был направлен на исследование физической адекватности функции (1), положенной в основу программы «Hysteresis». Для каждой почвы была произведена идентификация параметров модели путем точечной аппроксимации данных об измерении главных ветвей петли гистерезиса с использованием оптимизирующих алгоритмов. На рис. 1 приведен пример диалогового окна, в котором точками изображены данные о главных ветвях гистерезиса водоудерживающей способности *Rubicon sandy loam*.

С использованием идентифицированных параметров были предсказаны и построены сканирующие петли гистерезиса и определены средние абсолютные отклонения между приведенными и рассчитанными значениями (табл. 1). Представлено сравнение полученных

результатов с приведенными в [12] результатами для китайской модели [12], модели Скотта [14] и модели Кула-Паркера (КР) [15] (по критерию точности оценок).

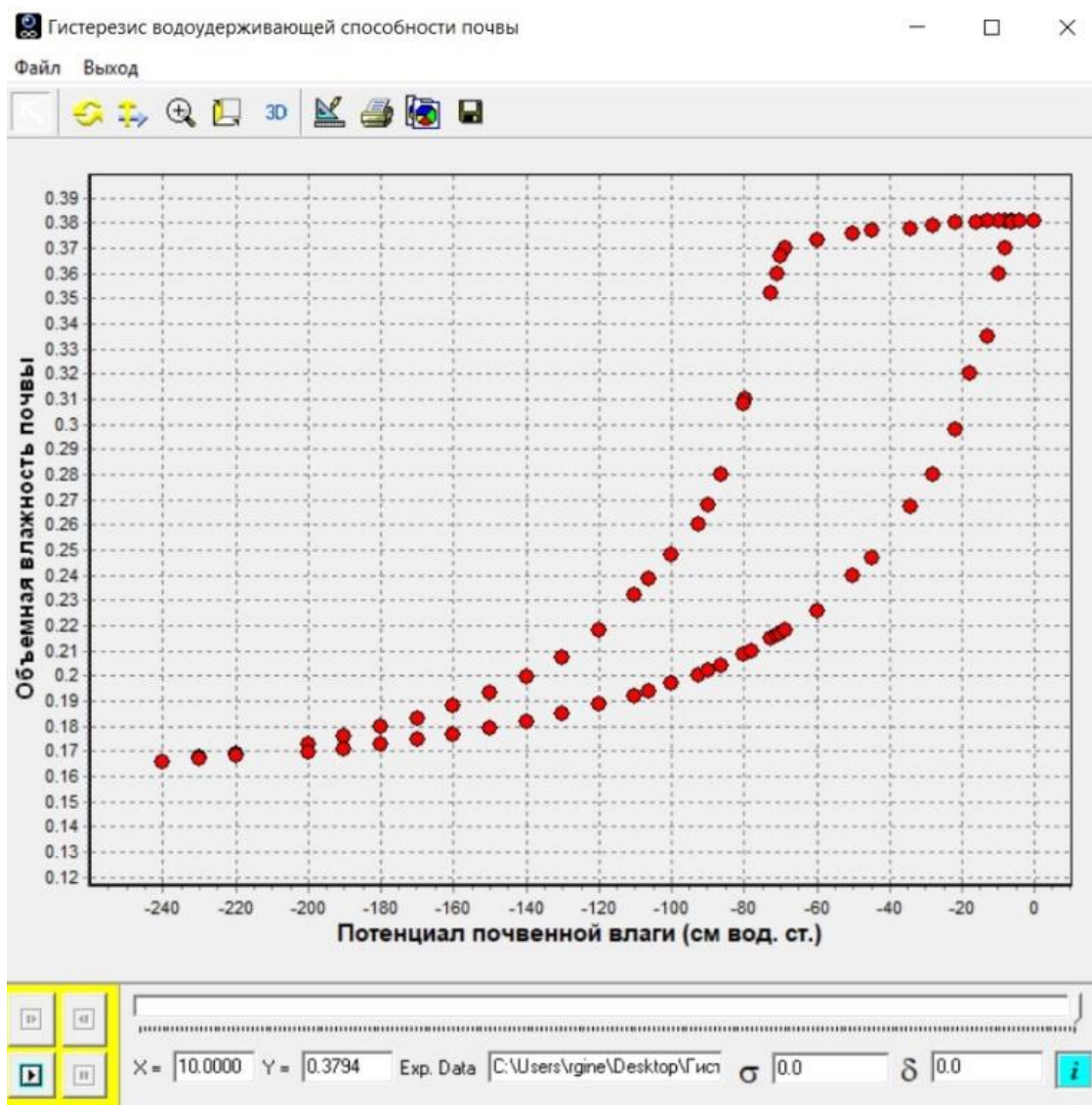


Рис. 9. Данные о главных ветвях *Rubicon sandy loam* в рабочем окне программы «Hysteresis»

Таблица 1

Среднее абсолютное отклонение между измеренными данными, приведенными в литературе, и главными ветвями четырех почв, рассчитанными четырьмя моделями

Название почвы	Модель			
	Scott et. al	КР	Huang et. al	Исследуемая
3101 Rideau clayey loam	0,0032	0,0057	0,0057	0,0032
3501 Rubicon sandy loam	0,0045	0,0130	0,0055	0,0098
Dune sand	0,0027	0,0080	0,0031	0,0023
Silica sand	0,0028	0,0107	0,0030	0,0019

Из табл. 1 видно, что исследуемая модель имеет наименьшие значения среднего абсолютного отклонения для трех почв из четырех представленных, что свидетельствует о ее физической адекватности и достаточно высокой точности описания гистерезиса водоудерживающей способности почвы.

Выводы. Исследованная модель, на которой основана программа «Hysteresis», позволяет оценить гидрофизические показатели почв с высокой точностью, превосходящей точность представленных моделей-аналогов.

Применение модели обеспечивает возможность получения данных, за счет которых достигается существенное снижение трудоемкости предпроектных изысканий в гидромелиоративном строительстве. Кроме того, значительно повышается точность вычисления норм орошения и урожайности сельскохозяйственных культур [16, 17], снижаются непроизводительные потери воды в ирригационном земледелии, что способствует рациональному использованию водных ресурсов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-01473а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. 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.
2. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Терлеев В.В., Латышев Н.К., Крылова И.Ю., Глядченкова Н.А. Определение водно-физических свойств почв при мелиоративных изысканиях // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 2. С. 18-21.
3. Терлеев В.В. Информационная поддержка модели влагопереноса в почве. – Депонированная рукопись. № RU94001479. 15.12.1988.
4. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. – Депонир. – № RU94001487. – 19.01.1994.
5. Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почв как капиллярно-пористых тел. Учебно-методическое пособие / СПбГУ; Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН. СПб., 2000.
6. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почвы с учетом гистерезиса // В сборнике: Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата. Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Агрофизического НИИ. 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.
8. 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.
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. С. 35-46.
10. Haverkamp R., Vauclin M., Touma J., et al. A comparison of numerical simulation model for one-dimensional infiltration // Soil Sci. Soc. Am. J 1977. Vol. 41. P. 285–294.
11. Mualem Y. A catalogue of the hydraulic properties of unsaturated soils. Research Project 442. Technion, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel. 1976. 100 p.
12. Huang H.C., Tan Y.C., Liu C.W., Chen C.H. A novel hysteresis model in unsaturated soil // Hydrological Processes. 2005. Vol. 19. P. 1653-1665.
13. Gillham R.W., Klute A., Heermann D.F. Measurement and numerical simulation of hysteretic flow in a heterogeneous porous medium // Soil Science Society of America Journal. 1979. Vol. 43. P. 1061-1067.
14. Scott P.S., Farquhar G.J., Kouwen N. Hysteretic effects on net infiltration // Proceeding of National Conference on Advances in Infiltration, Publication 11-83, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan 1983, P. 163-170.

15. Kool J.B., Parker J.C. Development and evaluation of closed-form expressions for hysteretic soil hydraulic properties // Water Resources Research. 1987. Vol. 23. P. 105-114.
16. 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.
17. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // В сборнике: Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.

УДК 631.43

М.А. Унтила, Р.С. Гиневский, В.А. Лазарев
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ О ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ФУНКЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ПОЧВЫ

Введение. Владение знаниями о характеристиках почвы необходимо в мелиоративном строительстве и землеустройстве. Данные о гидрофизических свойствах почвы применяются при проектировании и эксплуатации гидротехнических сооружений и объектов подземного строительства. В инженерно-мелиоративных расчетах применяется уравнение неразрывности потока воды в почве, которое называется уравнением Ричардса [1]. В данном уравнении в качестве искомой переменной используется капиллярное давление влаги в почве; независимыми переменными являются время и глубина расчетного слоя почвенного профиля.

Цель исследования – развитие метода оценки отношения функции гидравлической проводимости (ФГП) к коэффициенту фильтрации влаги по данным о водоудерживающей способности почвы.

Уравнение Ричардса относится к классу дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа. В изотермическом приближении и одномерном случае это уравнение имеет следующий вид:

$$\mu(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k(\psi) \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} - 1 \right) \right) - f_x, \quad (1)$$

где t – время; x – пространственная вертикальная координата на оси с началом отсчета на поверхности почвы (положительное направление сверху-вниз); ψ – капиллярное давление почвенной влаги; f_x – функция стока, описывающая поглощение воды корнями растений; $\mu(\psi)$ – коэффициент дифференциальной влагоемкости почвы; $k(\psi)$ – коэффициент гидравлической проводимости почвы [2, 3].

В случае переменных коэффициентов поиск решения уравнения (1) сводится к функциональному представлению этих коэффициентов с последующей параметрической идентификацией используемых функций. В настоящее время из-за отсутствия исчерпывающего теоретического описания таких функций на основе физических представлений о межфазных взаимодействиях воды и твердой фазы почвы для описания коэффициентов уравнения (1) нередко используются эмпирические зависимости, которые аппроксимируют точки экспериментальных данных [4].

К числу важнейших свойств почвы относится ее водоудерживающая способность. Для описания этого свойства применяется показатель, названный основной гидрофизической характеристикой (ОГХ) почвы. ОГХ представляет собой описание квазиравновесных термодинамических состояний воды в почвенной толще в виде зависимости объемной влажности почвы θ от капиллярного давления влаги ψ [5-8]. По определению функция $\theta(\psi)$

является первообразной функции $\mu(\psi)$. Поэтому для вычисления коэффициента дифференциальной влагоемкости почвы обычно практикуется подбор эмпирических функций, которые с той или иной точностью аппроксимируют измеренную кривую ОГХ. Затем эту функцию дифференцируют, что неизбежно приводит к накоплению погрешностей вычислительного характера, поскольку дифференцирование аппроксимаций является неустойчивой по определению операцией.

При исследовании водоудерживающей способности почвы применяется ее «идеальная» модель, которая представляет собой некоторое «тело», образованное из набора цилиндрических капилляров кругового сечения различного радиуса. Причем, способность такого «тела» впитывать влагу не уступает реальной почве. Распределение объемов воды в этих капиллярах подчиняется закону нормальной случайной величины $\ln \bar{r}$, где т.е. $\bar{r} = (r - r_{\min}) / (r_{\max} - r)$ – эффективный радиус сечения цилиндрического капилляра; $r_{\min}$ и $r_{\max}$ – соответственно наименьший и наибольший из всех радиусов [9-11].

Отношение $(k(\psi)/k_s)$ может быть вычислено с использованием описанной модели, а также – формулы Муалема [11, 12]. Результатом интегрирования функции $\mu(\psi)$ с последующей подстановкой ее в формулу Муалема и сопутствующих вычислений является следующая система почвенно-гидрофизических функций:

$$\begin{cases} S_e = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{1 + (-\alpha(\psi - \psi_{ae}))^n}, \psi < \psi_{ae}; & \theta(\psi) = \theta_s, \psi \geq \psi_{ae}; \\ \frac{k(\psi)}{K_s} = \frac{1/\sqrt{1 + (-\alpha(\psi - \psi_{ae}))^n}}{(1 + \exp(\frac{8}{n\pi}))(-\alpha(\psi - \psi_{ae}))^n}^2, \psi < \psi_{ae}; & \frac{k(\psi)}{K_s} = 1, \psi \geq \psi_{ae}, \end{cases} \quad (2a) \quad (2b)$$

где S_e – относительное влагонасыщение почвы (отношение удельного объема пор, занятых жидкой влагой, к максимальному значению этого объема); Ψ – капиллярное давление влаги (см H_2O); Ψ_{ae} – давление барботирования (см H_2O), Ψ_0 – капиллярное давление, которое соответствует наиболее вероятному значению радиуса капиллярной поры (см H_2O); n – параметр, который является величиной, обратно-пропорциональной стандартному отклонению нормальной случайной величины – логарифма эффективного радиуса капиллярной поры (б/р).

Результаты. На основе усовершенствованного метода Муалема-Ван Генухтена была разработана программа «Hydraulic», которая позволяет автоматизировать процесс вычисления с использованием алгоритма Левенберга-Марквардта. Высокоточные способы получения данных о гидравлической проводимости почвы имеют большие перспективы для практического использования в мелиоративном строительстве, а также в сельском хозяйстве для оценки влагообеспеченности растений и при прогнозировании урожайности агроценозов [13, 14].

Выводы. Преимуществами предложенного метода являются более высокая точность расчета значений функции гидравлической проводимости почвы, а также возможность определения почвенно-гидрофизических параметров по доступным показателям почвы. Предложенная методика вычислений позволяет более точно рассчитывать значения ФГП в широком диапазоне варьирования капиллярного давления влаги (возможность физической экстраполяции результатов); а также исключить использование по определению неустойчивой операции дифференцирования для расчета значений дифференциальной влагоемкости почвы (вместо этого предлагается применять в качестве параметра уравнения (1) физически обоснованную функцию $\mu(\psi)$ с параметрами, которые являются общими и для ОГХ, и для ФГП).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-01473а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Richards L.A. Capillary conduction of liquids through porous media // Physics. 1931. Vol. 1. P. 95-112.
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. Бернштейн Г.А., Заславский Б.Г., Сариев А.Л., Терлеев В.В. Информационное обеспечение расчета динамики почвенной влаги // В сборнике: Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири. Сб. науч. трудов. ОмСХИ им. С.М. Кирова. 1988. С. 101-107.
4. Терлеев В.В. Информационная поддержка модели влагопереноса в почве. Депонированная рукопись. № RU94001479. 15.12.1988.
5. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // Сб. «Автоматизация науч. исслед. и проект. АСУ ТП в мелиорации», Фрунзе: 1988. С. 82.
6. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонир. № RU94001487. 19.01.1994.
7. Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почв как капиллярно-пористых тел. Учебно-методическое пособие / СПбГУ; Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН. Санкт-Петербург. 2000.
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 сборнике: XL Неделя науки СПбГПУ. Мат. междунаро. научно-практич. конференции. 2011. С. 319-321.
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., 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. С. 35-46.
12. Терлеев В.В. Усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена для расчета гидравлической проводимости почвы // В сборнике: Математические модели природных и антропогенных экосистем. СПб. 2014. С. 142-148.
13. 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.
14. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.

УДК 624.131

М.И. Букова¹, А.С. Бондал¹, К.Г. Моисеев²

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ МЕТОДОМ ПЕДОТРАНСФЕННЫХ ФУНКЦИЙ

Введение. Изучение фильтрационных свойств грунтов и почв в настоящее время является важной тематикой инженерно-строительной науки.

Фильтрационные свойства грунтов и почв важны для решения следующих инженерных задач: 1) фильтрация в береговой зоне строительства плотин; 2) понижение уровня грунтовых вод при осушении котлованов; 3) проектирование и эксплуатация дренажных систем. Это

свидетельствует об актуальности данной тематики. Существенное влияние на точность фильтрационных расчетов оказывает достоверных значений коэффициента фильтрации.

Согласно ГОСТ 25584-90 коэффициентом фильтрации называют скорость движения воды при единичном градиенте напора и линейном законе фильтрации [1]. Коэффициент фильтрации широко используется в практике гидрогеологических расчетов [2]. Он характеризует водопроницаемость грунтов и почв и, в основном, определяется геометрией порового пространства, то есть – размерами и формой пор грунтов и почв. Значение коэффициента фильтрации определяется также свойствами фильтрующейся воды, в частности – ее вязкостью и температурой.

В общем случае имеются следующие способы определения коэффициента фильтрации: а) по справочным данным, б) в натурных условиях по данным пробных откачек воды (полевой метод), в) в лабораторных исследованиях (на специальных приборах), г) расчетным путем (по эмпирическим формулам, в которые входят данные гранулометрического состава грунта или почвы).

Лабораторные методы основаны на изучении скорости движения воды через образцы грунта или почвы [3].

Расчетным путем коэффициент фильтрации определяют преимущественно для песков и гравелистых пород. Расчетные методы являются приближенными и рекомендуются лишь на первоначальных стадиях исследования. Для расчетов используют одну из многочисленных эмпирических формул, связывающих коэффициент фильтрации грунта (почвы) с гранулометрическим составом, пористостью, степенью однородности и т.д.

В настоящее время одним из наиболее широко применяемых методов расчета коэффициента фильтрации является определение этого гидрофизического показателя при помощи педотрансферных функций (ПТФ) [4].

Педотрансферные функции – это эмпирические зависимости, позволяющие оценивать основные гидрофизические показатели грунтов (почв), прежде всего, – основную гидрофизическую характеристику (ОГХ), а также – коэффициент фильтрации с использованием данных, полученных из материалов Почвенных служб, или по традиционно определяемым базовым свойствам грунтов и почв [5-10].

Целью данной работы являются: анализ метода расчета коэффициента фильтрации с использованием педотрансферных функций, выявление достоинств и недостатков этого метода, а также – определение эффективности данного расчета в сравнении с другими способами определения коэффициента фильтрации.

Педотрансферные функции могут быть получены следующими методами:

1. Метод физически обоснованной модели. В основу метода положены представления о капиллярном строении порового пространства, образуемого почвенными частицами различного размера [11-18].

2. Точечно-регрессионный метод. Этот метод наиболее распространен в современных исследованиях. Метод ПТФ позволяет оценить влагосодержание в грунте (почве), соответствующее заданному значению матричного (капиллярно-сорбционного) потенциала по базовым свойствам грунта (почвы).

3. Функционально-параметрический регрессионный метод. С использованием этого метода могут быть оценены параметры аппроксимации основной гидрофизической характеристики (или других зависимостей) по физическим свойствам грунта (почвы). ПТФ этого типа обычно предсказывают параметры в гидрологических моделях [4].

Одним из способов оценки значений коэффициента фильтрации является метод искусственных нейросетей, который позволяет имитировать поведение сложных систем, варьируя степень взаимовлияния составных частей сети и меняя структуру связей между

этими частями. Недостатком нейросетей является то, что они не позволяют анализировать используемые алгоритмы.

Для определения коэффициента фильтрации требуются следующие входные данные: разновидность грунта (почвы) по гранулометрическому составу; процентное содержание песка, глины и пыли; плотность сложения грунта (почвы); значения наименьшей влагоемкости и влажности завядания. Благодаря такому иерархическому подходу, оцениваются параметры модели Ван Генухтена и коэффициента фильтрации, используя минимальное количество информации или более расширенный набор входных данных [4].

Результаты. Проведена оценка определения коэффициента фильтрации методом педотрансферных функций, определена эффективность данного метода, проведено сравнение его с другими методами.

Выводы. Определение коэффициента фильтрации методом педотрансферных функций достаточно эффективно, так как может использоваться для любых разновидностей грунтов (почв) по гранулометрическому составу. При относительно небольшом количестве исходных данных метод педотрансферных функций позволяет получить достаточно адекватные значения коэффициента фильтрации.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-01473а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 25584-90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. [Электронный ресурс] – URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294853/4294853415.pdf>.
2. Ансберг А., Боровицкий В.П., Бутц Ш.Ф., Самарина В.С. Практикум по общей гидрогеологии. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1965. –232 с.
3. Веригин Н.Н. Методы определения фильтрационных свойств горных пород. М.: Госстройиздат, 1962. 180 с.
4. Toth B., Weynants M., Nemes A., et al. // European Journal of Soil Science. 2015. Vol. 66. P. 226-238.
5. Шеин Е.В., Карпачевский Л.О. Толковый словарь по физике почв. М.: ГЕОС, 2003. 126 с.
6. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ, 1995. 320 с.
7. Бернштейн Г.А., Заславский Б.Г., Сариев А.Л., Терлеев В.В. Информационное обеспечение расчета динамики почвенной влаги // В сборнике: Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири. Сб. науч. тр. ОмСХИ им. С.М. Кирова. 1988. С. 101-107.
8. Терлеев В.В. Информационная поддержка модели влагопереноса в почве. Депонированная рукопись. № RU94001479. 15.12.1988.
9. Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Моделирование гидрофизических характеристик почв // Сб. «Автоматизация науч. исслед. и проект. АСУ ТП в мелиорации», Фрунзе: 1988. С. 82.
10. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонир. № RU94001487. 19.01.1994.
11. Терлеев В.В. Моделирование водоудерживающей способности почв как капиллярно-пористых тел. Учебно-методическое пособие / СПбГУ; АФИ. Санкт-Петербург. 2000.
12. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. – Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.
13. Гурин П.Д., Терлеев В.В. Использование логнормального распределения эффективных радиусов почвенных капилляров для моделирования водоудерживающей способности почвы // В сборнике: XL Неделя науки СПбГПУ. 2011. С. 319-321.
14. Терлеев В.В., Mirschel W., Баденко В.Л. и др. Физико-статическая интерпретация параметров функции водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2012. № 4(8). С. 1-8.
15. 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.

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. С. 35-46.
17. Терлеев В.В. Усовершенствование метода Муалема-Ван Генухтена для расчета гидравлической проводимости почвы // В сборнике: Математические модели природных и антропогенных экосистем. Санкт-Петербург, 2014. С. 142-148.
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 631.95

Е.А. Дунаева^{1,3}, В.В. Попович¹, В.В. Терлеев², А.Ю. Мельничук³

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

³Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В ВОДНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

Введение. Одной из главных водохозяйственных проблем для территории Республики Крым, где сложилась такая природно-хозяйственная ситуация, при которой количество располагаемых водных ресурсов меньше, чем количество воды, необходимое для устойчивого социально-экономического развития полуострова, является дефицит водных ресурсов. Эта проблема негативно воздействует на развитие экономики, на экосистему полуострова в целом.

Оценка рисков и определение путей минимизации такого воздействия являются необходимыми этапами при решении указанной проблемы и разработке вариантов обеспечения требований, предъявляемых к водохозяйственному комплексу по обеспечению потребителей водой в достаточном количестве и соответствующего качества, а также по повышению уровня экологического состояния водных объектов. В Крыму, помимо риска дефицита водных ресурсов, существует риск, обусловленный негативным воздействием вод, которое вызвано увеличением частоты проявления опасных гидрологических явлений в Крыму и ростом антропогенной нагрузки на экосистемы. Изменение объемов речного стока, уровней грунтовых вод и подземных вод приводят к возникновению рисков для населения и объектов экономики.

Цель работы – определение путей снижения уровней рисков и осуществление мероприятий по их устранению для повышения социально-экономической и экологической устойчивости территорий.

При проведении исследований были использованы качественные и количественные методы анализа и синтеза данных. Качественные и количественные методы использованы для рассмотрения возможных рисков и их точного описания. Получены оценки влияния факторов экологического риска [1].

Метод оценки экономической целесообразности использован при определении эффективности очистных установок для обеспечения дополнительными объемами воды различных секторов экономики полуострова. В расчетах были использованы материалы Государственного комитета по ценам и тарифам Республики Крым.

Результаты. Риск дефицита водных ресурсов воздействует на ключевую потребность населения – доступ к питьевой воде, а также на обеспеченность жителей продуктами питания из-за отсутствия достаточных условий для выращивания необходимого количества сельскохозяйственной продукции.

Для удовлетворения потребностей населения полуострова водой используются местные поверхностные и подземные воды, что, в условиях их недостаточности (индекс Фалькенмарка

для Крыма составляет менее 500 м³ на человека) [2, 3], ведет к рискам истощения водных ресурсов и ухудшения их характеристик вследствие интрузии соленых морских вод.

Дефицит водных ресурсов – сложная проблема, одним из направлений ее решения является очистка и доочистка сбросных вод, объемы сброса которых, например, в 2016 году только в поверхностные водные объекты составил 134.7 млн. м³ (по данным Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым), что соответствует 58.95 м³ на каждого жителя Крыма.

Применение сточных вод для орошения строго регламентируется законодательством РФ. В [4, 5] описаны условия, культуры и необходимое качество сточных вод. Наиболее приемлемыми в гигиеническом отношении способами полива сточными водами являются подпочвенное и внутрипочвенное орошение [6].

В настоящее время особенностью развития сельского хозяйства Крыма является наличие большого количества мелких сельхозпредприятий, фермерских хозяйств и подворий, для которых наличие локальных очистных сооружений является выгодным как для полива сельскохозяйственных культур, так и для использования очищенных сточных вод в хозяйственных целях. Кроме того, целесообразно использовать локальные очистные сооружения с высокой производительностью и для крупных предприятий по производству и переработке сельхозпродукции.

Ниже приведен пример расчета экономической эффективности работы таких очистных сооружений, которые производятся непосредственно в Крыму и могут использоваться как для отдельных домостроений, так и для крупных предприятий [7]. В таблице 1 приведены данные для небольших объемов сточных вод.

Таблица 1

Расчет эффективности очистки сточных вод за счет экономии воды и электроэнергии в среднем по Республике Крым*

Исходные данные				
Суточный сброс сточных вод	м ³ /сут.	0,7	20	72
Средняя стоимость водоподачи	руб./м ³	36,2	36,2	36,2
Средняя стоимость водоотведения	руб./м ³	35,6	35,6	35,6
Стоимость электроэнергии	руб./кВт	5	5	5
Результаты расчета				
Плата за водоотведение	руб./сут.	25	712	2563,2
Количество человек	чел.	4	100	360
Потребление электроэнергии установкой в сутки	(кВт/сут.)	0,4	12	43,2
Стоимость электроэнергии установки	(руб./сут.)	2	60	216
Экономия за месяц: за счет электроэнергии	руб.	690	19560	70416
за счет очистки воды	руб.	760,2	21720	77106
Экономия за год: за счет электроэнергии	руб.	8395	237980	856728
за счет очистки воды	руб.	9122,4	260640	925272
Всего экономия за год		17517,4	498620	1782000
Стоимость установки	руб.	62900	689500	н/д
Окупаемость	год	3,5	1,4	–

* расчеты произведены при условии сброса сточных вод в течение всего года.

В целом по Крыму ежегодно сбрасывается значительное количество сточных вод. Их очистка и дальнейшее использование (особенно в наименее обеспеченных водой отраслях – сельском хозяйстве и промышленности) – основное направление при решении проблемы с водой в Крыму.

Согласно документу [8] для снижения природно-климатических рисков необходим переход к новым технологиям, техническая модернизация, мелиорация земель в засушливых

зонах и принятие дополнительных мер поддержки в неблагоприятные по природно-климатическим условиям годы.

Выводы. Использование современных технологий способно минимизировать экологические риски в водохозяйственном комплексе. Частичное использование сточных вод после очистки способствует значительному снижению рисков водохозяйственного комплекса в секторах водоснабжения и сельскохозяйственного орошения за счет получения дополнительных водных ресурсов для производства сельскохозяйственной продукции [9, 10]. Окупаемость очистных установок находится в пределах 1,5-3,5 лет, и (несмотря на их довольно высокую стоимость) эти установки могут в достаточной мере обеспечить потребителей питьевой водой и водой для орошения сельскохозяйственных культур, полив которых возможен согласно санитарным требованиям.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дмитриев, В.Г. Оценка экологического риска. Аналитический обзор публикаций. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekologicheskogo-riska-analiticheskiy-obzor-publikatsiy>.
2. Попович, В.Ф., Дунаева, Е.А. Агрогидрологическое моделирование в системе интегрированного управления водными ресурсами // Ежемесячный научный журнал Общественной научной организации «Наука и хозяйство». 2015. № 3(8). С. 7-10.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2016 году. Ижевск: ООО «Принт-2», 2017. 316 с.
4. Санитарные правила устройства и эксплуатации земель сельскохозяйственных полей орошения № 3236-85. Утверждено 26 марта 1985 г.
5. СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. Утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 г. № 46.
6. Ратников, А.А. Использование бытовых сточных вод для орошения и земледелия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://biostroy.com/d/62160/d/statya_dva.pdf.
7. Оборудование для очистки сточных вод. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aqua-just.com/>.
8. «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы». Постановление Правительства РФ от 14.07.2012 №717. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902361843>.
9. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Мишель В. Уточненная оценка эффективных запасов продуктивной влаги с учетом гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Метеорология и гидрология. 2015. № 4. С. 79-89.
10. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // Modelling water and nutrient dynamics in soi-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.

УДК 631.95

Е.А. Дунаева^{1,2}, В.В. Попович¹, А.Ю. Мельничук², В.В. Терлеев³

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма

² Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского

³ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ

Введение. Одним из важных факторов, определяющих благополучие общества, является доступ к чистой питьевой воде. Недостаток естественных водных ресурсов в Республике Крым требует поиска альтернативных источников воды для обеспечения потребностей населения. При этом следует учитывать качество сырой воды и возможность ее использования на

питьевые нужды, так как вода – один из важнейших факторов, влияющих на здоровье людей. Поэтому доочистка водопроводной воды значительно улучшает ее качество и позволяет употреблять ее в сыром виде. Как показали предыдущие исследования [1, 2], качество поверхностных вод, состояние водных объектов и направленность процессов, происходящих в них, а также качество водопроводной воды, которая поступает потребителям, являются водохозяйственными рисками, которые необходимо минимизировать.

Цель работы – предложить варианты улучшения показателей воды после ее прохождения по водопроводной сети на основе проведения мониторинга и анализа качества воды.

Согласно Санитарным правилам и нормам [3] под термином питьевая вода высокого качества подразумевается:

- вода с соответствующими органолептическими показателями – прозрачная, без запаха и с приятным вкусом;
- вода с $pH = 7-7.5$ и жесткостью не выше 7 ммоль/л;
- вода, в которой суммарное количество полезных минералов не более 1 г/л;
- вода, в которой вредные химические примеси либо составляют десятые-сотые доли их ПДК, либо вообще отсутствуют (то есть их концентрации настолько малы, что лежат за гранью возможностей современных аналитических методов);
- вода, в которой практически нет болезнетворных бактерий и вирусов.

Водопроводная вода, которая подается в сети, соответствует требуемому качеству, однако вторичное загрязнение в трубопроводах слишком велико.

Результаты. С целью оценки качества водопроводной воды был проведен анализ водопроводной воды г. Симферополь до и после применения бытового фильтра «Аквафор». Отбор и анализ результатов проводился в период с января по июль 2017 г. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа водопроводной воды

	ЕС, mmS	pH	Мг/л раствора					
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Вода водопроводная	0,45	8,40	244	19	136	30	1,5	8
Профильтрованная вода	0,24	6,35	61	28	42	20	2	6,5
ПДК согласно СанПиН 2.1.4.1074-01	–	7-7,5	1000	350	200	100	–	200

Общая жесткость воды определена по формуле:

$$Ж_{об} = \frac{[Ca^{2+}]}{20,04} + \frac{[Mg^{2+}]}{12,16}, \quad (1)$$

где $Ж_{об. водопр.} = (136/20,04) + (30/12,16) = 9,25$ ммоль/л;

$Ж_{об. фильтр.} = (42/20,04) + (20/12,16) = 3,73$ ммоль/л.

Результаты показали, что жесткость водопроводной воды выше допустимой нормы (7 ммоль/л). С целью минимизации риска здоровью рекомендуется использование бытовых фильтров-кувшинов, являющимся наиболее простым и доступным по цене средством очистки воды. Как видно из табл. 1 и расчетов, жесткость воды снижается в несколько раз, а необходимое организму количество ионов магния и кальция остается в профильтрованной воде и после доочистки. К недостаткам использования данного метода можно отнести малую скорость фильтрации, а также необходимость периодической замены фильтрующего картриджа.

Следует отметить, что качество водопроводной воды г. Симферополь ухудшилось по сравнению с показателями 2006 г. [4] по показателям жесткость (в 1,5 раза) и pH (в 1,2 раза), что свидетельствует об ухудшении показателей воды и неудовлетворительном состоянии водохозяйственной инфраструктуры.

Согласно документации производителя, стандартный бытовой кувшин рассчитан приблизительно на фильтрацию 300 л воды. Однако полученные данные показали, что эффективность такого типа оборудования начинает снижаться уже после прохождения 50-литрового рубежа, при расходе более 90 л качество фильтрации падает в два раза. Именно поэтому кассету с активным компонентом рекомендуется менять не реже, чем один раз в 1,5-2 месяца. Следует при этом отметить, что стоимость одного картриджа при пересчете на стоимость бутилированной воды, окупается уже за неделю (табл. 2).

Таблица 2

Расчет срока окупаемости отечественных картриджей в фильтрах-кувшинах

Сутки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
К-во выпитой воды за день, л	2,5	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	3,5	2,5	1,0	1,0
Стоимость картриджа	Средняя стоимость отечественных картриджей 275 руб.									
Ср. стоимость бутилированной воды (1 л – 15 руб.)	38	0	15	30	45	60	52	38	–	–
	278 руб. (достижение уровня окупаемости картриджа)									

Кроме фильтра «Аквафор» (Россия-США) в торговой сети встречается продукция других производителей: Brita (Германия), Kenwood (Великобритания) и «Барьер» (Россия). Их основное различие заключается в используемых типах абсорбента. «Аквафор» фильтрует через запатентованный аквален, «Барьер» – сквозь активированный уголь. Кувшин-фильтр «Brita» оснащен кассетой с ионообменной смолой, обогащающей воду полезными ионами водорода [4]. «Kenwood» применяет комбинацию пищевой смолы, активированного угля и сетки, задерживающей механические примеси.

Выводы. Использование дополнительных приемов по очистке питьевой воды (фильтров для доочистки питьевой воды) позволяет исключить риски, связанные с ухудшением качества воды [5]. Затраты при использовании бытового фильтра не превышают, а нередко оказываются даже ниже затрат на покупку бутилированной воды.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Dunaieva, Ie. Evaluation of Water Resources State Parameters with Using SWAT Model / Ielizaveta Dunaieva // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 2013. Vol. 2. Issue 9. P. 2162-2167.
2. Дунаева, Е.А. и др. Анализ динамики количественных и качественных характеристик водных ресурсов с использованием открытых ГИС и агрогидрологических моделей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 1(17). С. 127-141. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec328-field6.pdf.
3. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Минздрав России, 2002.
4. Алексашкин, И.В. и др. Изучение эффективности фильтров для очистки водопроводной воды // Питьевая вода: научно-информационный журнал. 2006. №1 (31). С. 24-31.
5. http://www.oil-filters.ru/water_cleaning_methods.php.

ОПРЕСНЕНИЕ МОРСКОЙ ВОДЫ – ОДИН ИЗ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОБЛЕМЫ В КРЫМУ

Введение. В последние годы проблема обеспечения водой в достаточном количестве и соответствующего качества является актуальной для Республики Крым (РК) как в вопросах экономического развития, так и в вопросах водообеспечения населения. Применение современных технологий, таких как опреснение морской воды, является одним из путей решения этой проблемы. Мировая практика опреснения морской воды включает большое количество способов, каждый из которых имеет свои плюсы и минусы.

Цель работы – определить способ, который имел бы низкое потребление энергии и максимально полную очистку, после которой вода могла бы использоваться населением.

В РК предполагается использовать метод обратного осмоса, который считается наиболее дешевым. Использование опресненной морской воды населением и отраслями экономики РК поможет решить проблему водообеспечения тех населенных пунктов, которые расположены недалеко от моря и пользуются привозной водой.

Результаты. Важным направлением, позволяющим увеличить объемы недостающей пресной воды, является опреснение морской воды. Высокая концентрация солей в морской воде (преимущественно NaCl) до 35 г/л делает ее непригодной для питьевых и хозяйственных целей. Данные по содержанию других химических веществ приведены в таблице 1 [1, 2].

Существует несколько способов опреснения морской воды, среди них: 1) термическое опреснение или дистилляция; 2) опреснение вымораживанием (кристаллогидратный); 3) электрохимическое опреснение (электродиализ); 4) опреснение методом обратного осмоса, или гиперфильтрацией; 5) химическое опреснение.

Таблица 1

Химические вещества, содержащиеся в морской воде
при концентрации более 0,001 г/кг по весу

Химическое вещество	Содержание, г/кг морской воды	Концентрация, моль/л морской воды
Хлориды Cl ⁻	19,35	0,55
Натрий Na ⁺	10,76	0,47
Сульфаты SO ₄ ²⁻	2,71	0,028
Магний Mg ²⁺	1,29	0,054
Кальций Ca ²⁺	0,412	0,010
Калий K ⁺	0,40	0,010
Диоксид углерода CO ₂	0,106	$2,3 \cdot 10^{-3}$
Бромиды Br ⁻	0,067	$8,3 \cdot 10^{-4}$
Борная кислота H ₃ BO ₃	0,027	$4,3 \cdot 10^{-4}$
Стронций Sr ²⁺	0,0079	$9,1 \cdot 10^{-5}$
Фториды F ⁻	0,001	$7 \cdot 10^{-5}$

В настоящее время в мире уже работает более 13 тысяч установок по добыванию питьевой воды из морской воды. Опреснение воды является достаточно дорогим способом получения пресной воды. Наиболее дешевым способом является метод обратного осмоса, который предполагается использовать для опреснения морской воды в Крыму. Первая

опреснительная установка в Крыму была открыта 10 сентября 2013 г. в поселке Новый Свет для гостиничного комплекса, который пользовался привозной водой. Производительность установки – 1 м³ воды в час по каждому модулю (два модуля). Для того, чтобы получить 1 м³ пресной воды, из моря необходимо забрать 5 м³ воды, 4 м³ из которых обратно сбрасывается в море. Затраты электроэнергии – около 6,5 кВт. Расчеты показывают, что срок окупаемости составляет около 3,5 лет [3].

Кроме высокой стоимости недостатком опреснения является то, что опреснение может влиять на окружающую среду. Экологический риск заключается в том, что удаление соли из морской воды, приводит к образованию концентрированного шлама, так называемого рассола, который в два раза тяжелее соленой морской воды и содержит примеси, способные повлиять на экосистему моря при их сбросе в него. В случае удаления рассола на суше, он может просачиваться сквозь почву, проникать в грунтовые воды [4]. Кроме того, опреснительные установки выделяют огромное количество выбросов углекислого газа, поскольку работают на ископаемых видах топлива.

Однако самый серьезный вопрос, возникающий при использовании опресненной морской воды, – это влияние на здоровье населения [5, 6]. Опресненная вода почти полностью лишена микроэлементов, необходимых для организма человека, не имеет вкуса, малоприспособлена для использования в быту. Ее необходимо обогащать минеральными солями. В противном случае употребление такой воды может вызвать ряд заболеваний.

Выводы. Использование опресненной морской воды в вододефицитных регионах Крыма существенно сократит риск нехватки питьевой воды, особенно в поселениях, использующих привозную воду (по данным Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Крым, на полуострове в 161 населенных пунктах пользуются некачественной или привозной водой, из них в 43 – только привозной). Окупаемость опреснительных установок находится в пределах 1,5-3,5 лет; и (несмотря на довольно высокую стоимость) они могут в достаточной мере обеспечить потребителей питьевой водой.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мосин, О.В., Игнатов, И. Современные технологии опреснения морской воды // Энергосбережение и водоподготовка. 2012. №4(78). С.13-19. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://enivpress.jimdo.com>.
2. Мосин, О.В. Обзор методов опреснения морской воды – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.o8ode.ru/article/answer/pnanetwater/Review_of_methods_of_desalination_of_sea_water.
3. Когда в кране нет воды... Первая опреснительная установка в Крыму. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yablor.ru/blogs/kogda-v-krane-net-vodi-pervaya-opre/3026086>.
4. Ляшевский, В.И., Джапарова, А.М. К проблеме опреснения морской воды в Крыму // Таврический вестник аграрной науки. 2015. №1(3). С. 63-68.
5. Ветштейн, В. Опреснение морской воды и здоровье человека – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://samlib.ru/e/etkin_w/opresnenijevodyizdorovxe.shtml.
6. Ветштейн, В. К вопросу опреснения морской воды как источника водоснабжения Израиля. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ecoimper.net/stat/1013_vetshtein.pdf.

УДК 627.417

А.О. Никоноров, В.Л. Баденко

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМ ПРОТИВОПАВОДКОВЫХ САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ ГИДРОУЗЛОВ НА РЕЧНОМ БАССЕЙНЕ В СРЕДЕ ГИС

Введение. Самыми разрушительными по последствиям и наиболее частыми по повторяемости природными чрезвычайными ситуациями (ЧС) на территории Российской Федерации (35 % от общей частоты возникновения опасных событий) являются паводковые

наводнения [1]. Под угрозой этого стихийного бедствия находятся более чем 40 крупных городов и несколько тысяч населенных пунктов. Общая площадь пойменных земель, периодически затопляемых речными и озерными водами, составляет примерно 500 тыс. км² [2]. В результате крупных осадков и следующих вместе с ними паводков страдают ценные сельскохозяйственные угодья, так как в результате смываются, затапливаются и гибнут сельскохозяйственные культуры. Среднестатистический ущерб от наводнений, в том числе и паводковых, в среднем по Российской Федерации составляет 3.25 млрд. долларов в год [3].

Цель исследования – расчет и обоснование систем противопаводковых саморегулируемых гидроузлов на речном бассейне с использованием ГИС-технологий.

Во время паводковых наводнений катастрофического масштаба затапливается большое количество населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, промышленных предприятий и т.п. В результате паводков разрушаются различные здания и сооружения, дороги, мосты, трубопроводы, инженерные коммуникации, а также размывают берега. В то же время гибнут домашние животные и представители дикой фауны и флоры [4]. Пример такого разрушительного наводнения (Алтайский край, Россия, май 2017 года) приведен на рис. 1.

Возникает необходимость анализировать и моделировать уже произошедшие паводковые чрезвычайные ситуации, чтобы на их основе можно было смоделировать возможные будущие ЧС. Оперативное получение необходимой информации может обеспечить использование данных космических съемок, которые позволяют получить интересующую информацию в течение нескольких дней. Объективная оценка ущерба может быть получена только от независимых источников, прежде всего, – по данным космических съемок. На ее базе и возможно создание цифровых моделей рельефа (ЦМР) для нужд гидрологического моделирования и прогнозирования. К тому же только космическая съемка, охватывающая большие территории, в состоянии обеспечить оптимальный обзор пострадавших от паводка районов, а значит, – получить более правильную оценку ущерба [5].



Рис. 1

Цифровая обработка изображений необходима не только для более оперативного и объективного получения результатов; это также – единственный способ получить наиболее полную картину ситуации во всем ее многообразии, получить данные о затапливаемых

объектах инфраструктуры, дорожной сети, линий электропередач, и других стратегически важных объектов для нужд МЧС [3].

Также гидрологическое моделирование необходимо для надлежащей эксплуатации водных объектов. В практике водохозяйственных расчетов водохранилищ существует необходимость математического моделирования длительных искусственных гидрологических рядов притока, которые отличаются многообразием возможных сочетаний многоводных и маловодных периодов. Такие расчеты необходимы для оценки рисков ситуаций, которые могут возникнуть в будущем, к которым относится и феномен возникновения паводковых наводнений, и, соответственно, для выбора рентабельных решений по управлению водохранилищем при различных сценариях на имитационной модели [6].

Такая задача особенно важна для водохранилищ и гидроузлов, расположенных на реках с быстро развивающимися дождевыми паводками, на которых в одни и те же внутригодовые интервалы (но в различные годы) могут происходить несколько паводковых наводнений разрушительной силы, так и наблюдаться длительный период с низким объемом стока. Методология моделирования внезапных паводковых наводнений требует в большинстве случаев минимальные интервал расчетов значения стока, в среднем до суток [2, 3, 6].

Результаты. В качестве первоосновы исследования были взяты результаты предварительной работы авторов по данному вопросу. В ней рассматривалось применение данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий для мониторинга паводковых наводнений и моделирования затопления территорий. В качестве технического решения было рассмотрено применение такого противопаводкового мероприятия, как регулирование речного стока системой противопаводковых плотин и временно-заполняемых водохранилищ с саморегулируемыми гидроузлами.

Проводился анализ использования различного рода программ на основе ГИС-технологий с выбором наиболее подходящей условиям будущего моделирования; составлены пробные тестовые модели. Результаты пробного моделирования приведен на рис. 2.

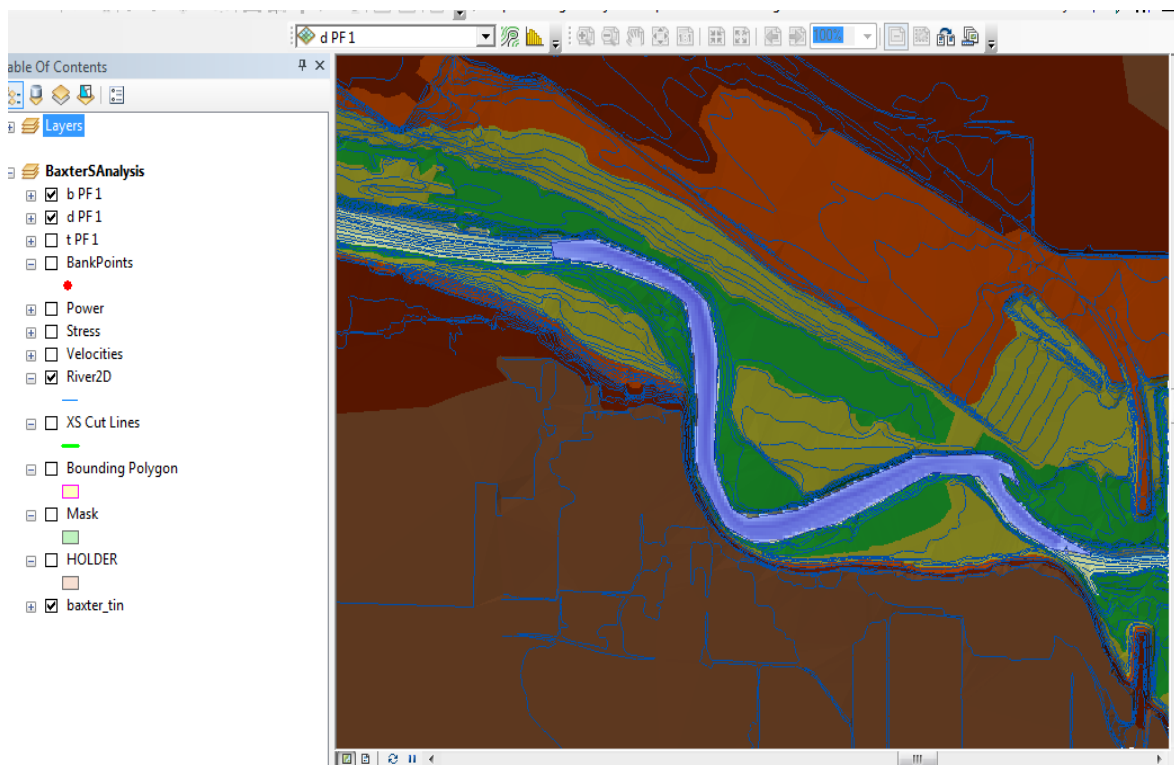


Рис. 2

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. Также возможно интегрирование в разрабатываемую итоговую базу данных информации о природно-климатических условий, планово-картографических данных, экологических условий и ограничений рассматриваемого района, гидрологических и метеорологических характеристик, а также данных о хозяйственном использовании земель [7], гидрофизических и агрохимических свойствах почв [8-14], что является весьма актуальным в свете того, что временному затоплению могут подвергаться ценные сельскохозяйственные земли, и необходимо знать время ухода паводкового объема естественным стоком и путем инфильтрации в почву.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Никоноров А.О. Анализ использования ГИС-технологий для принятия управленческих решений по борьбе с паводковыми явлениями // Статья в сборнике трудов конференции «Политехническая неделя в Санкт-Петербурге». 2016. С. 373-376.
2. 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.
3. Арефьев Н.В., 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.
4. Никоноров А.О., Баденко В.Л. Анализ проведения берегоукрепительных работ на водохранилищах Волжско-Камского каскада ГЭС // В сб. «XLIII Недели Науки СПбПУ». 2014. С. 101-104.
5. 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.
6. Стефанишин Д.В. Управление рисками от паводков на плотинах и затопляемых территориях при стохастической неопределенности максимального речного стока // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2007. № 249. С. 78-85.
7. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // Неделя науки СПбПУ: Мат. науч. форума с международ. участием. Инженерно-строительный институт. 2015. С. 189-191.
8. Бернштейн Г.А., Заславский Б.Г., Сариев А.Л., Терлеев В.В. Информационное обеспечение расчета динамики почвенной влаги // В сборнике: Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири. Сб. науч. тр. ОмСХИ им. С.М. Кирова. 1988. С. 101-107.
9. Заславский Б.Г., Опарина И.В., Терлеев В.В. Диалоговая система формирования банка гидрофизических характеристик почв // Российская сельскохозяйственная наука. 1988. № 11. С. 40-42.
10. 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.
11. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.
12. Терлеев В.В. Моделирование обмена, переноса и поглощения фосфора и калия в корнеобитаемом слое почвы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН. Санкт-Петербург. 2001.
13. Терлеев В.В., Кокотов Ю.А., Крейер К.Г., Федотов М.В. исследование обменного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве методом Бекетта // Агрохимия. 2000. № 9. С. 28-34.
14. Терлеев В.В. Математическое моделирование в почвенно-гидрологических и агрохимических исследованиях. Учебное пособие. СПб., 2005. Выпуск 7. Математика в политехническом университете.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБОСНОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
НА РЕЧНОМ БАСЕЙНЕ СИСТЕМ ПРОТИВОПАВОДКОВЫХ ГИДРОУЗЛОВ

Введение. Наиболее разрушительными по последствия и наиболее частыми по повторяемости природными чрезвычайными ситуациями (ЧС) на территории Российской Федерации являются паводковые наводнения [1]. Более чем 40 крупных городов и несколько тысяч населенных пунктов находятся в перманентной зоне опасности возникновения данного разрушительного явления. Общая площадь пойменных земель, периодически затопляемых речными и озерными водами, составляет примерно 500 тыс. км². Результатом паводковых явлений являются повреждения ценных сельскохозяйственных угодий, гибель важных сельскохозяйственных культур, разрушение объектов дорожной инфраструктуры, инженерных сооружений, жилых домов [2]. Также от данных явлений страдают представители дикой фауны и флоры [3].

Цель исследования состояла в разработке методов для моделирования и оценки паводковых ситуаций с использованием выбранных ранее программных комплексов для поиска и апробации адекватных инженерных решений, предотвращающих ЧС при минимальном воздействии на окружающую среду. Объектом исследования являлись территории бассейнов рек, подверженные влиянию паводковых наводнений с системой распределенных противопаводковых саморегулируемых гидроузлов.

Предметом исследования являлась динамика развития паводковых явлений на объекте исследования. Методологической основой работы являлось моделирование изменения гидрологических процессов в бассейне реки в среде ГИС при строительстве сети гидротехнических сооружений и анализ влияния таких изменений на устойчивое эколого-социально-экономическое развитие территории речного бассейна [2].

В качестве района моделирования выбран бассейн реки Зея на Дальнем Востоке. Бассейн реки Зея – одного из крупнейших левобережных притоков р. Амур имеет сложное строение. С севера, востока и запада он ограничен высокими цепями гор, которые сочетаются с возвышенными плато, обширными равнинами, средневысотными грядами и увалами. Южная ветвь Станового хребта, протянувшегося в широтном направлении более чем на 700 км, служит водоразделом между бассейнами рек Амура и Лены.

Южнее расположена гряда хребтов Тукурингра-Соктахан-Джагды. Между этими орографическими элементами находится межгорная котловина, низкая часть которой называется Верхне-Зейской равниной. Большая часть территории Зейского бассейна – горная страна. Горный рельеф накладывает отпечаток на характер всего бассейна р. Зеи. Почти все ее притоки берут начало в горах или на отрогах горных хребтов и в верховьях представляют собой бурные потоки, протекающие по узким ущельям. Междуречье Зея-Амур и Зея-Селемджа занято приподнятыми Амуро-Зейской и Зейско-Селемджинской равнинами с обширными пониженными заболоченными участками. Южная часть бассейна р. Зеи охватывает территорию Зейско-Буреинской низменности, на которой водотоки обретают спокойное течение: от 0,8 до 1,4-1,7 м/с, образуют протоки и острова [4]. Широкие поймы изобилуют старичными озерами с заболоченными берегами.

Крупные наводнения на реке Зея происходят каждые 7-10 лет, данные о них представлены в табл. 1. Основные характеристики Зейского водохранилища представлены в табл. 2. Схема Зейского гидроузла показана на рис. 1.

Таблица 1

Наводнения на реке Зея

Год	Максимальный суточный приток, м ³ /сек
1923	10400
1928	13900
1938	10700
1953	12700
1956	10700
1972	12300
1974	10700
1976	10370
1982	11260
1984	13700
1987	11100
1990	11990
2007	15200
2013	11700

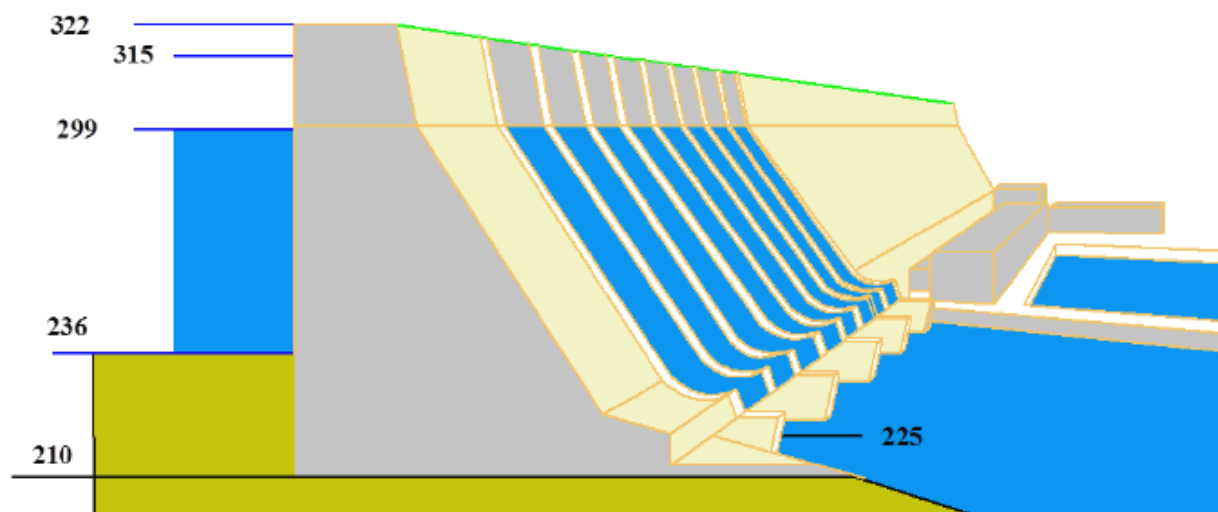


Рис. 1. Схема Зейского гидроузла

Таблица 2

Основные характеристики Зейского водохранилища

Обозначение	Характеристика	Уровень, м	Объем, км ³
ФПУ	Форсированный подпорный уровень, предельная отметка наполнения водохранилища при прохождении половодий редкой повторяемости, м	322,1	87,38
НПУ	Нормальный подпорный уровень, отметка заполненного водохранилища, м	315	68,4
УМО	Уровень мертвого объема, отметка предельной сработки водохранилища в зимний период, м	299	49,12

Результаты. Моделирование участков речных бассейнов проводилось в среде ArcGIS и HEC. Моделирование зоны затопления внутри конкретного речного бассейна проходит в несколько этапов. На основе ДДЗ прокладывается речная сеть, береговая линия и зона поймы. Далее создаются поперечные сечения, что возможно сделать как вручную, так и автоматически, с заданием интервала и ширины. На следующем этапе, с помощью инструментов программного комплекса HEC-RAS происходит обработка импортируемых данных из ArcGIS, а также задание гидрологических условий. В конечном итоге проводится анализ заданных данных. В качестве выходных данных появляется модель зоны затопления конкретного участка речного бассейна.

Выводы. Практическая значимость исследования определяется необходимостью совершенствования методики принятия инженерных решений, касающихся территорий и водных объектов, находящихся в зоне риска паводковых наводнений [5, 6]; разработки методики расчетного гидрологического обоснования для создания систем распределенных саморегулируемых гидроузлов с временно-заполняемыми водохранилищами, обеспечивающих смягчение сглаживание паводкового гидрографа и распределение паводков на водосборе (при условии минимизации влияния на окружающую среду), в особенности – сохранение ценных сельскохозяйственных земель [7], для чего также важно включение в рассматриваемые задачи исследования гидрофизических и агрохимических свойств почв [8-17].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Волкова Ю.В. Эколого-энергетические принципы управления энерго-водохозяйственными системами // Альтернативная энергетика и экология. 2014. № 11(151). С. 131-138.
2. Никоноров А.О., Баденко В.Л. Анализ проведения берегоукрепительных работ на водохранилищах Волжско-Камского каскада ГЭС // XLIII Недели Науки СПбПУ. 2014. С. 101-104.
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. Nikonorov, A., Badenko, V., Terleev, V., et al. Use of GIS-environment under the Analysis of the Managerial Solutions for Flood Events Protection Measures // Procedia Engineering. 2016. Vol. 165. P. 1731-1740.
5. 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.
6. Никоноров А.О. Анализ использования ГИС-технологий для принятия управленческих решений по борьбе с паводковыми явлениями // В сборнике трудов конференции «Политехническая неделя в Санкт-Петербурге». 2016. С. 373-376.
7. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // Неделя науки СПбПУ: Мат. науч. форума с международ. участием. Инженерно-строительный институт. 2015. С. 189-191.
8. Бернштейн Г.А., Заславский Б.Г., Сариев А.Л., Терлеев В.В. Информационное обеспечение расчета динамики почвенной влаги // В сборнике: Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири. Сб. науч. тр. ОмСХИ им. С.М. Кирова. 1988. С. 101-107.
9. Заславский Б.Г., Опарина И.В., Терлеев В.В. Диалоговая система формирования банка гидрофизических характеристик почв // Российская сельскохозяйственная наука. 1988. № 11. С. 40-42.
10. Терлеев В.В. Информационная поддержка модели влагопереноса в почве. Депонированная рукопись. № RU94001479. 15.12.1988.
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. 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. С. 35-46.

13. 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.
14. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.
15. Терлеев В.В. Моделирование обмена, переноса и поглощения фосфора и калия в корнеобитаемом слое почвы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН. Санкт-Петербург. 2001.
16. Терлеев В.В., Кокотов Ю.А., Крейер К.Г., Федотов М.В. исследование обменного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве методом Бекетта // Агрохимия. 2000. № 9. С. 28-34.
17. Терлеев В.В. Математическое моделирование в почвенно-гидрологических и агрохимических исследованиях. Учебное пособие / Печатается по решению редакционно-издательского совета СПбГПУ. СПб., 2005. Выпуск 7. Математика в политехническом университете.

УДК 627.417

А.О. Никоноров¹, В.В. Гарманов²

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ В СРЕДЕ ГИС И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ОГРАНИЧЕНИЯ

Введение. 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 [1, 2].

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 [3, 4]. В этих условия 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 [5].

Цель исследования – моделирование в среде ГИС по имеющимся данным уже произошедших паводковых наводнений, анализ полученной модели на предмет корреляции ее с фактической картиной паводкового затопления, корректировка методики моделирования согласно полученным ограничениям.

В качестве района моделирования выбран бассейн реки Зея на Дальнем Востоке. Разработанная методика была апробирована на участке бассейна реки Зея.

Результаты моделирования можно увидеть на рис. 1-4.

Как видно из результатов моделирования, в его ходе было выявлено существенно ограничение. В качестве цифровой модели рельефа использовались данные SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) – измерение высот земной поверхности с помощью спутникового радиоинтерферометра [6]. Во-первых, моделирование на данный момент возможно лишь в виде небольших областей, в силу ограниченных мощностей персонального компьютера, на котором производилась работа. Также, особенно это характерно для районах с

возвышенностями, резкими перепадами высот, горных районах, при создании поперечных сечений возможно получение пилообразных профилей рассматриваемых рек, что не позволяет произвести достоверное моделирование.

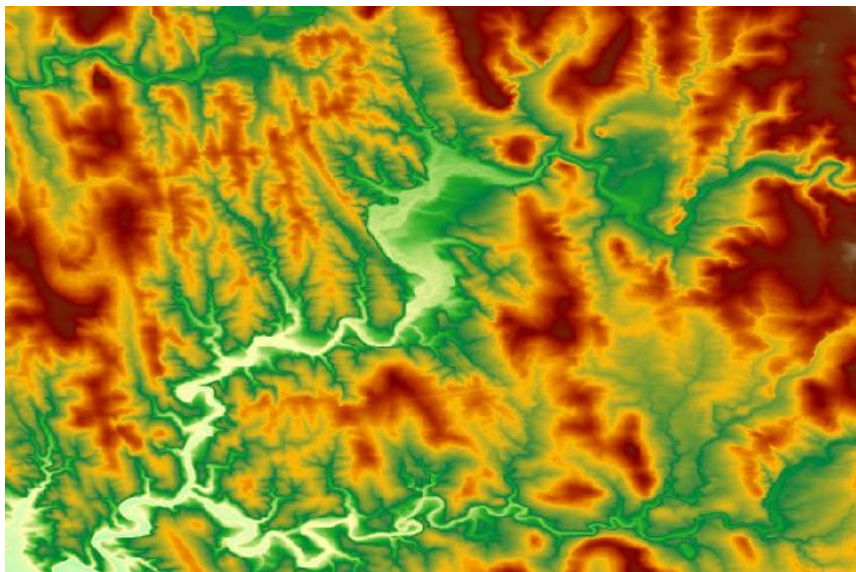


Рис. 8. Цифровая модель рельефа (ЦМР) бассейна реки Зея

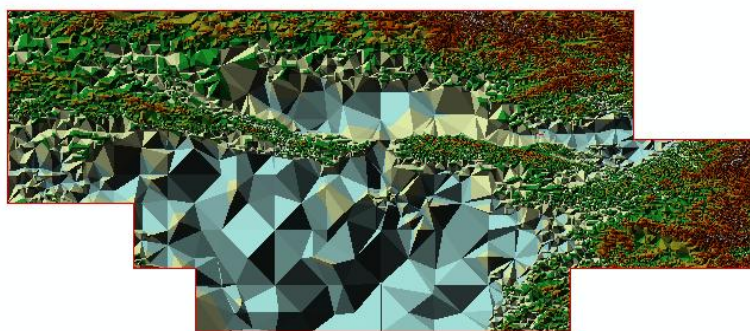


Рис. 2. ЦМР бассейна реки Зея в программном пакете ArcGIS

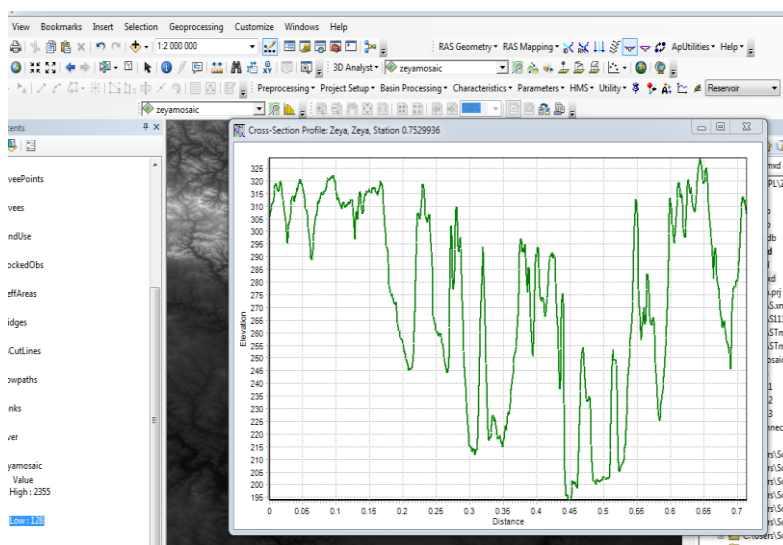


Рис. 3. Пилообразный профиль рельефа

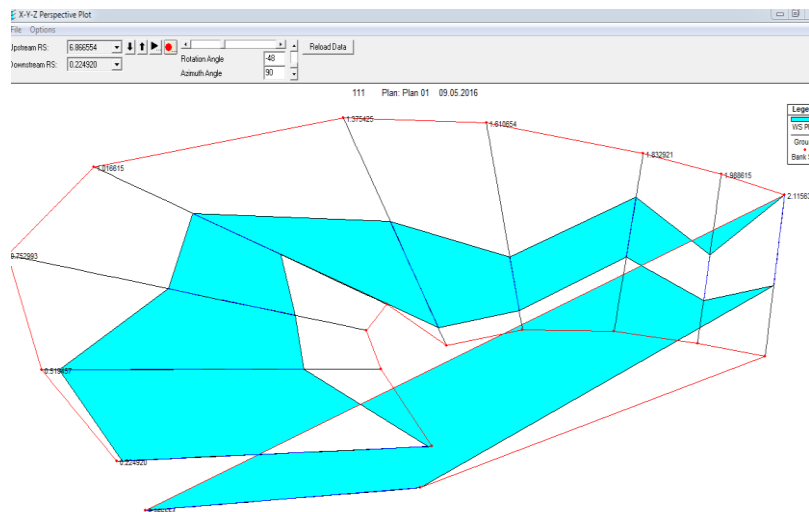


Рис. 4. Моделирование зоны затопления в пакете HEC RAS

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. Дальнейшим направлением развития исследования видится преодоление ограничений, связанных с появлением пилообразного профиля путем конвертации цифровой модели рельефа из формата раstra в формат Triangulated irregular network (TIN), GRID и другие, а также моделирование возможных сценариев развития паводковой ситуации чрезвычайного характера, сравнение данных с применением предлагаемого инженерного решения.

Получаемые при положительном исходе моделирования данные можно использовать, формируя комплексные базы данных, в виде карт, обновляемых в режиме реального времени (с тематическими слоями). Возможно включение в базу данных, помимо непосредственно геологии – цифровой модели рельефа – и гидрологии, также данных о хозяйственном использовании исследуемых территорий [7], данных метеорологического прогнозирования, показателей гидрофизических [8-13] и агрохимических [14-16] свойств почв, сведений об объектах различной инфраструктуры, в том числе – линий электропередач, дорожных сетей и т.п.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-01473а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Никоноров А.О. Анализ использования ГИС-технологий для принятия управленческих решений по борьбе с паводковыми явлениями // В сборнике трудов конференции «Политехническая неделя в Санкт-Петербурге». 2016. С. 373-376.
2. Никоноров А.О., Баденко В.Л. Анализ проведения берегоукрепительных работ на водохранилищах Волжско-Камского каскада ГЭС // XLIII Недели Науки СПбПУ. 2014. С. 101-104.
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. Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Волкова Ю.В. Эколого-энергетические принципы управления энерго-водохозяйственными системами // Альтернативная энергетика и экология. 2014. № 11(151). С. 131-138.
4. Щербинин Ю.Б. Геоинформационные технологии и базы данных для рационального природопользования: ГИС-недропользования и ГИС-водопользования // В сборнике трудов конференции «Инновационный потенциал естественных наук». 2006. С. 17-22.
5. Винокуров Ю.И., Пузанов А.В., Зиновьев А.Т., Ловцкая О.В. ГИС-проект поддержки принятия решений по управлению водными ресурсами Обь-Иртышского бассейна // В сб. тр. конф.

«Интеркарто/Интергис 17: устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт». 2011. С. 243-246.

6. Влацкий В.В. Моделирование речного стока с использованием ГИС технологий // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 9(115). С. 104-109.

7. 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. 2015. С. 189-191.

8. Бернштейн Г.А., Заславский Б.Г., Сариев А.Л., Терлеев В.В. Информационное обеспечение расчета динамики почвенной влаги // В сборнике: Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири. Сб. науч. тр. ОмСХИ им. С.М. Кирова. 1988. С. 101-107.

9. Заславский Б.Г., Опарина И.В., Терлеев В.В. Диалоговая система формирования банка гидрофизических характеристик почв // Российская сельскохозяйственная наука. 1988. № 11. С. 40-42.

10. 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.

11. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.

12. Терлеев В.В. Информационная поддержка модели влагопереноса в почве. Депонированная рукопись. № RU94001479. 15.12.1988.

13. Terleev V.V., Mirschel W., Wenkel K.-O., Schindler U. Estimation of soil water retention curve using some agrophysical characteristics and Voronin's empirical dependence // International Agrophysics. 2010. Vol. 24. No 4. P. 381-387.

14. Терлеев В.В. Моделирование обмена, переноса и поглощения фосфора и калия в корнеобитаемом слое почвы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН. Санкт-Петербург. 2001.

15. Терлеев В.В., Кокотов Ю.А., Крейер К.Г., Федотов М.В. исследование обменного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве методом Бекетта // Агрохимия. 2000. № 9. С. 28-34.

16. Терлеев В.В. Математическое моделирование в почвенно-гидрологических и агрохимических исследованиях. Учебное пособие. СПб., 2005. Выпуск 7. Математика в политехническом университете.

УДК 631.43+621.981

К.Г. Моисеев¹, М.И. Букова²

¹ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАСЧЕТ ОСНОВНОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВЫ НА ОСНОВЕ PSF-МОДЕЛИ

Введение. В земледелии и гидромелиоративном строительстве существует ряд практических задач, связанных с решением уравнения Ричардса для определения потока влаги в ненасыщенном влагой состоянии почв и грунтов [1]. Для моделирования движения почвенной влаги в зоне аэрации (не насыщенном состоянии влажности почв) необходимо располагать основной гидрофизической характеристикой почвы (ОГХ). Данная характеристика описывает водоудерживающую способность почвы. Кривая ОГХ – это графическое представление измеренной в лаборатории зависимости объемной влажности почвы θ (см³ см⁻³) от капиллярного давления почвенной влаги ψ (см Н₂О). Эту зависимость часто аппроксимируют с помощью модели [2]:

$$\frac{\theta}{\theta_s} = \frac{1}{(1 + (-\alpha\psi)^n)^m}, \quad (1)$$

где θ_s – объемная влажность почвы в насыщенном влагой состоянии, α , n и m – эмпирические параметры. Для почв с однородной структурой (или при полном отсутствии структуры)

высокая точность аппроксимации моделью (1) достигается, если $m = 1 - 1/n$. При этом модель (1) становится моделью Ван Генухтена [3, 4]. Основная проблема заключается в отсутствии физической интерпретации параметров α , n и m . А с учетом гистерезиса водоудерживающей способности почвы вычисление ОГХ становится трудноразрешимой задачей.

Для практических расчетов оросительных норм используют обычно ветвь иссушения (десорбции влаги), игнорируя явление гистерезиса [5]. Некоторые подходы к математическому моделированию ОГХ известны и получили развитие в самое последнее время [3-7]. Возможность априорного теоретического расчета ОГХ появилась сравнительно недавно с развитием фрактальной геометрии порового пространства почв [1, 8-11].

Использование концепций фрактальной геометрии в почвоведении привело к разработке фрактальных моделей для прогнозирования ОГХ. В частности, – к построению PSF-модели (pore solid fractal model), получившей широкую известность [2, 8, 9]. Эта фрактальная модель обеспечивает некоторую физическую основу параметров моделей.

Наиболее часто применяемая вычислительная формулировка фрактальной PSF-модели для ОГХ заключается в следующем:

$$\begin{cases} \theta = \theta_s, & \psi < \psi_{\min} \\ \theta = \theta_s \left(\frac{\psi}{\psi_{\min}} \right)^{D-E}, & \psi \geq \psi_{\min}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\psi_{\min}$ – потенциал влаги при входе воздуха в почвенные поры (барботирование), D – фрактальная размерность, E – евклидова размерность (т.е. $E = 3$).

Это уравнение имеет простую формулу и нуждается только в трех параметрах. Возникает вопрос, почему для прогнозирования ОГХ можно использовать только точки ($\psi_{\min}$, θ_s)? В частности, PSF-модель может непосредственно предсказать ОГХ без дополнительной подгонки, когда известны D и любая экспериментальная точка на ОГХ. В этом случае вычислительная формулировка PSF-модели для ветви иссушения кривой ОГХ, записанная в терминах напора h [2], имеет вид:

$$\theta = \begin{cases} \theta_0 \left(\frac{h}{h_0} \right)^{D-E}, & h \geq h_0 \left(\frac{\theta_0}{\theta_s} \right)^{\frac{1}{E-D}}; \\ \theta_s, & h < h_0 \left(\frac{\theta_0}{\theta_s} \right)^{\frac{1}{E-D}}. \end{cases} \quad (3)$$

Здесь символ «0» обозначает, что параметр принадлежит произвольно выбранной (измеренной) точке на ОГХ. Однако, достаточно часто возникает ситуация, когда наибольшее препятствие к предсказанию ОГХ по PSF-модели вызывает величина фрактальной размерности. Ранее были разработаны несколько методов оценки D с использованием распределения агрегатов почвенной структуры по размерам (по данным сухого рассева) или распределения пор по размерам [2-4, 10]. Однако эти методы носят приближенный характер.

Цель работы – проверка возможности вычисления ветви десорбции ОГХ по одной экспериментальной точке PSF-модели с использованием величины фрактальной размерности почвенной структуры, определенной независимо *новым* методом.

Метод заключается в определении фрактальной размерности пористых сред исследованием процесса нестационарной фильтрации. При наличии эффекта Харста для объемного потока через пористую среду [11] динамика фильтрации отображается графически в виде периодической функции – частотного сигнала. Фрактальную размерность такого сигнала легко определить методом линейных систем фрактальной геометрии [10].

Объекты и методы. В образце почвы ненарушенного сложения (или сформованного на основе представлений физического подобия [13, 14]), для которого необходимо рассчитать ОГХ по PSF-модели, измеряется или задается общая пористость (соответствует влагонасыщению θ_s). Образец почвы формуется или помещается в цилиндр для исследования фильтрации воды. При фильтрации влаги фиксируются интервалы между отрывом пузырьков воздуха в устройстве (трубке) Мариотта фильтрационного прибора; момент отрыва пузырька означает, что через образец просочился небольшой фиксированный объем влаги. Таким образом, получаем временной ряд – динамику фильтрации. При наличии эффекта Харста экспонента фильтрации промодулирована периодической функцией. Вычисляем фрактальную размерность временного ряда методом линейных систем через вычисление фрактального декремента, или методом Харста [10, 11]. Затем измеряем методом пресса или любым иным методом произвольную точку ветви иссушения (десорбции) ОГХ, например, – это условная точка (0), соответствующая точке наименьшей влагоемкости почвы (НВ), или влажности завядания (ВЗ). Вычисляем значение $h_{\min}$ по D , h_0 , θ_0 и θ_s (или по величине общей пористости), используя следующее уравнение:

$$h_{\min} = h_0 \left(\frac{\theta_0}{\theta_s} \right)^{\frac{1}{E-D}}. \quad (4)$$

Последним шагом является вычисление ветви десорбции ОГХ. Для этого используем вычислительную PSF-процедуру в логарифмической форме:

$$\lg \theta = \lg \theta_0 (D - E)(\lg h - \lg h_0). \quad (5)$$

Результаты. На основе PSF-модели, определения фрактальной размерности порового пространства дерново-подзолистых супесчаных почв и наблюдения за характером нестационарной фильтрации влаги была рассчитана ветвь десорбции ОГХ, которая сопоставлена с ветвью десорбции ОГХ, полученной экспериментально (методом пресса). Результаты представлены на рис. 1, 2.

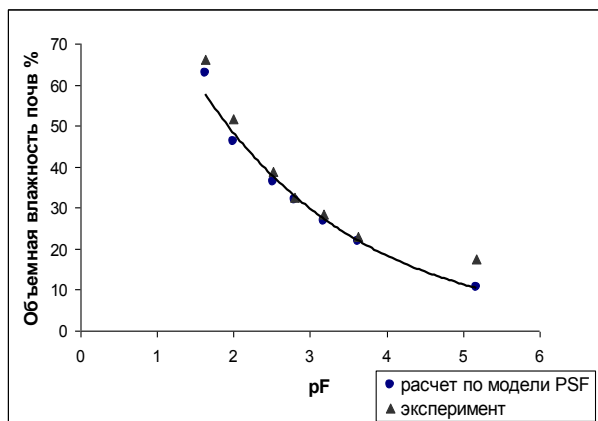


Рис. 1. Расчетные и экспериментально измеренные ветви десорбции ОГХ для дерново-подзолистой супесчаной почвы (горизонт 2С-почвообразующая порода)

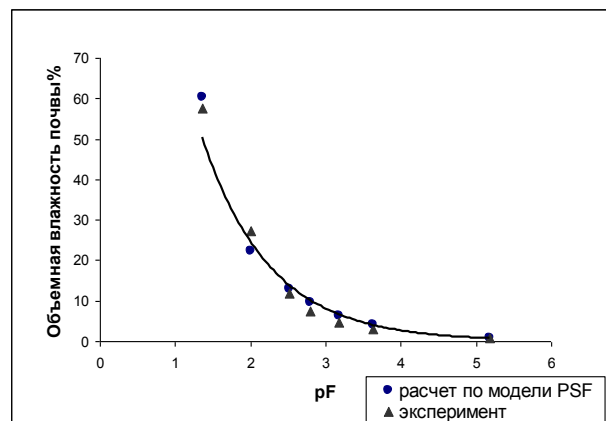


Рис. 2. Расчетные и экспериментально измеренные ветви десорбции ОГХ для дерново-подзолистой супесчаной почвы (горизонт РУ-пахотный горизонт)

Выводы. Значение статистического критерия U (Манна-Уитни) = 23. Критическое значение U -критерия при заданной численности сравниваемых рядов данных составляет 8; $23 > 8$, соответственно, различия выборок статистически не значимы ($p = 0.95$). Апробирован алгоритм расчета ветви десорбции ОГХ по модифицированной фрактальной PSF-модели и независимом определении величины фрактальной размерности. Вычисление ОГХ по фрактальной модели показывает практически полную сходимость результатов с результатами экспериментального определения ОГХ для супесчаных почв.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Poluektov R.A., Terleev V.V. Crop simulation model of the second and the third productivity levels // Modelling water and nutrient dynamics in soil-crop systems. Proceedings of the workshop. Leibniz Centre of Agricultural Landscape Research (ZALF) in Müncheberg/Germany. 2007. P. 75-89.
2. Dian-yuan Ding, Ying Zhao, Hao Feng, Bing-cheng Si & Robert Lee Hill. A user-friendly modified pore-solid fractal model // Scientific Reports. 2016. Vol. 6, DOI: 10.1038/srep39029.
3. 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.
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. С. 35-46.
5. 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.
6. Terleev V.V., Mirschel W., Wenkel K.-O., Schindler U. Estimation of soil water retention curve using some agrophysical characteristics and Voronin's empirical dependence // International Agrophysics. 2010. Vol. 24. No 4. P. 381-387.
7. Терлеев В.В., Топаж А.Г., Моисеев К.Г., Гиневский Р.С. Лазарев В.А. Расчет сканирующих ветвей с использованием данных о главных ветвях гистерезиса водоудерживающей способности на примере песчаных почв // Агрофизика. 2017. № 3. С. 34-42.
8. Perrier, E. M. A., Bird, N. R. A. Modeling soil fragmentation: the pore solid fractal approach // Soil Tillage Res. 2002. Vol. 64. P. 91-99.
9. Ghanbarian, B., Hunt, A. G., Skinner, T. E., Ewing, R. P. 2015. Saturation dependence of transport in porous media predicted by percolation and effective medium theories. [Электронный ресурс]//ResearchGate 2016 URL:<http://www.worldscientific.com/doi/10.1142/S0218348X15400046> (дата обращения 16.06.2016).
10. Моисеев К.Г. Фракталы: анализ временных рядов в агрофизике // Сборник докладов заседаний Санкт-Петербургского отделения общества почвоведов им. В. В. Докучаева «2015 – International year of soils». СПб.: Изд-во ООО "ВВМ", 2015. С. 3-13.
11. Моисеев К.Г., Терлеев В.В. Моделирование структуры капиллярно-пористой среды и вычисление дифференциальной пористости почв // Агрофизика. 2017. № 3. С. 43-56.
13. Моисеев К.Г. Принципы построения численных критериев подобия физических процессов в почве // В сборнике «Математическое и программное обеспечение задач управления агроэкосистемами». Л.: АФИ, 1990. С. 103-109.
14. Моисеев К.Г. Применение теории подобия к процессу уплотнения почв // Почвоведение. 2004. №8. С. 934-936.

УДК 631.43:004.65

Е.Г. Зинчук¹, К.Г. Моисеев К.Г.¹, М.И. Букова²

¹ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт.

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ДОПОЛНЕНИЕ К ТЕХНОЛОГИИ ОТБОРА ОБРАЗЦОВ НЕНАРУШЕННОГО СЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ

Введение. Физические свойства почв, такие как ее структура, гранулометрический состав, плотность сложения и количество органических веществ, подвержены пространственной анизотропии при естественном сложении почв. Вид, форма и положение кривых основной гидрофизической характеристики почв (ОГХ), а также величина гистерезиса

ОГХ зависят от физических свойств почвы, определяемых в лаборатории на отобранных в поле образцах. Поэтому необходимо разрабатывать специальную методику отбора образцов для исследования ОГХ с учетом анизотропии физических свойств почвы. Необходимо учитывать и вопросы масштабирования, так как исследование разных объемов анизотропных образцов почвы приводит к различным результатам определения ОГХ [1]. Не менее важными являются вопросы пространственного распределения физических параметров. До настоящего времени в геостатистике нет полной ясности по вопросу выбора функции для аппроксимации закономерностей распределения физических параметров по площади единицы хозяйственного управления [2].

Актуальность и новизна работы заключается в предложении специализированной методики отбора проб почв в естественном сложении для определения ОГХ с учетом анизотропии ряда физических параметров почв. В настоящее время на опытных полях Меньковской опытной станции Агрофизического института (АФИ) проводится восстановление мелиоративных систем, для объективного проведения которого наряду с другими характеристиками важно знать ОГХ и правильно отобрать образцы для лабораторного определения этой характеристики.

Цель работы – решение ряда практических задач с учетом новых дополнений к методике отбора почвенных образцов на базе филиала ФБГНУ АФИ Меньково.

Объекты и методы: База для отбора образцов – современная цифровая почвенная карта с постоянно обновляемыми агрофизическим мониторингом данными о физическом состоянии почвенного покрова. Цифровая почвенная карта является частью электронной базы данных, которая содержит необходимые сведения в виде метаданных: топографическую основу карты, данные об истории почвенного покрова, севооборотах, делении земель хозяйства на объекты управления, агрохимические, климатические и почвенно-экологические параметры и другую информацию. При решении узкоспециальных задач, отборе требуемых образцов почв для любого вида физического лабораторного и/или математического моделирования иногда достаточно только метаинформации и общей информации о типе почв данного объекта исследования. Почвенная карта упрощает получение этой информации. Пространственные базы данных интегрируют информацию, поступающую из различных источников [3-9]. С точки зрения отбора почвенных проб, для лабораторного – математического и физического моделирования нас интересуют не почвенные контура, а единицы хозяйственного управления, которые определяют ту наименьшую площадь, которая будет рассматриваться как относительно однородный элементарный участок поля.

Землепользование Меньково составляет 665 га. Из них 205 га представляют земли, не пригодные к сельскохозяйственному использованию: антропогенно-нарушенные земли – мелиоративные коллекторы (каналы и канавы), пруды, овраги (суммарно 100 га); песчаный карьер; кладбище и прилегающие территории 25 га; пойма р. Суйда – 15 га; садоводство – 43 га; дорожная сеть; приграничные земли. Таким образом, имеется 460 га сельскохозяйственных (используемых и залежных) земель [3, 10]. По официальным данным используемые пахотные земли Меньково составляют только 350 га.

Учитывая сложности и специфику измерения ОГХ [11, 12], специальным объектом исследования является гранулометрический и агрегатный состав почв в почвенном слое мощностью 50 см. Это, в основном, – дневные горизонты почв, то есть пахотные и подпахотные (гумусово-аккумулятивные, элювиальные или текстурные горизонты). Гранулометрический состав почвы обусловлен гранулометрическим составом почвообразующих пород.

Результаты. С целью совершенствования методики отбора проб на ОГХ по данным крупномасштабного картографирования составлена карта четвертичных отложений сельскохозяйственных угодий Меньково (рис. 1).

Построение электронной карты четвертичных отложений – это развитие построенной и проанализированной в 2012-16 гг. почвенной ГИС эколого-ландшафтного комплекса землепользования «Меньково» [10]. Отбор почвенных проб по данной ГИС для лабораторного исследования функции водоудерживающей способности почв, информационного обеспечения и верификации теоретических математических моделей функции влагопроводности ведется с учетом пространственной вариабельности почв, анизотропии их физических свойств на объектах хозяйственного управления. Почвенный блок ГИС построен на основе новой классификации почв России [13].

Для создания коллекции образцов или демонстрационной схемы почвенного профиля на месте описания в разрезах, наиболее характерных для изучаемой территории почвенных разностей, необходим отбор образцов поочередно из каждого генетического горизонта методом горизонтальных площадок. Чтобы адекватно оценить влагоперенос в ненасыщенной почве, который зависит от анизотропии физических свойств и размера образца, направление отбора проб естественного сложения должно быть определено из свойств анизотропии почвенного сложения (вертикальное или горизонтальное) по всем разрезам, закладываемым на объекте хозяйственного управления.

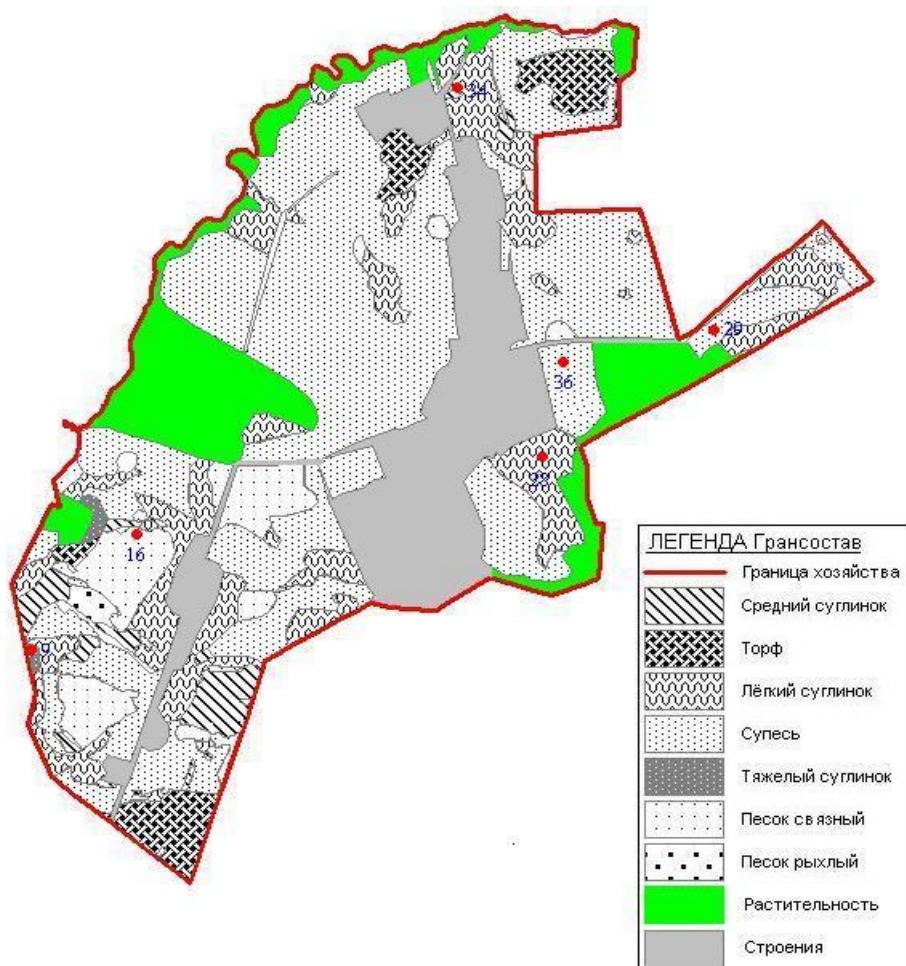


Рис. 1. Карта четвертичных отложений сельскохозяйственных угодий Меньково

Выводы. Для снижения погрешностей при лабораторном определении и моделировании ОГХ и функции влагопроводности необходимо отбирать образцы с учетом гранулометрического состава и анизотропии физических свойств почв на основе ГИС исследуемой местности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-01473а.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Умарова А.Б., Шеин Е.В., Кухарук Н.С. Основная гидрофизическая характеристика агросерых почв: влияние анизотропии и масштабного фактора // Почвоведение. 2014. № 12. С. 1460-1466.
2. Захарян Ю.Г. Влияние пространственной вариабельности на продуктивность агроэкосистем и эффективность агротехнологических решений // Агрофизика. 2017. № 2. С. 54-59.
3. Сорокина Н.П. Методология составления крупномасштабных агроэкологически ориентированных почвенных карт. – М. Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2006. 160 с.
4. Зинчук Е.Г., Моисеев К.Г., Бойцова Л.В. Электронные базы данных: хранение и анализ агрофизической информации // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: научно-практическая конференция Курского отделения МОО, Курск: 2013. С. 70-72.
5. Заславский Б.Г., Опарина И.В., Терлеев В.В. Диалоговая система формирования банка гидрофизических характеристик почв // Российская сельскохозяйственная наука. 1988. № 11. С. 40-42.
6. Terleev V.V., Mirschel W., Wenkel K.-O., Schindler U. Estimation of soil water retention curve using some agrophysical characteristics and Voronin's empirical dependence // International Agrophysics. 2010. Vol. 24. No 4. P. 381-387.
7. 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. P. 1688-1691.
8. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // Научно-технический бюллетень по агрономической физике. 1988. Т. 72. С. 33-36.
9. Шишов Д.А., Стрекулев Г.Б., Терлеев В.В. Землеустройство в системе концепции охраны нарушенных земель на примере экологически загрязненных территорий // Неделя науки СПбПУ: Мат. науч. форума с международ. участ. Инженерно-строительный институт. 2015. С. 189-191.
10. Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г. Крупномасштабная почвенная карта Меньковского филиала Агрофизического института Россельхозакадемии // Агрофизика. 2014. № 3. С. 8-18.
11. Шеин Е.В. Курс физики почв: учебник. М.: Изд-во МГУ, 2005.
12. Шеин Е.В. Гидрология почв: этапы развития, современные тенденции, ближайшие перспективы // Почвоведение. 2010. № 2. С. 175-185.
13. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация почв России. Смоленск: 2004. 342 с.

УДК 621.311.26

И.В. Богун

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВДЭС
С УЧЕТОМ СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

Ветроэнергетика в мире развивается быстрыми темпами. Стоит заметить, что значительным потенциалом отличаются регионы, отдаленные от централизованного энергоснабжения, что, несомненно, делает использование энергии ветра в этих регионах наиболее актуальным. На основе создания энергокомплексов на базе ВИЭ может эффективно проводиться оптимизация и модернизация существующих систем энергоснабжения приполярных территорий, при этом такие энергокомплексы должны быть адаптированы к суровым северным условиям [1].

Целью работы является разработка методики проектирования ветродизельных энергокомплексов с учетом суровых климатических условий Арктики.

Методы исследования: анализ и обобщение данных, вероятностно-статистические методы, моделирование.

В работе произведена оценка влияния суровых природно-климатических факторов на энергетические и технико-экономические показатели ВЭУ. Разработана методика проектирования ветродизельных энергокомплексов на стадии обоснования инвестиций с учетом суровых климатических условий Арктики. Апробация методики выполнена на примере проектирования ветродизельного энергокомплекса в п. Мезень Архангельской области.

Суровые климатические условия оказывают влияние на энергетические и технико-экономические параметры ВДЭС. Снижение выработки ВЭУ при эксплуатации в суровых климатических условиях происходит из-за изменения аэродинамических характеристик лопастей, вызванных обледенением [2], в то время как учет изменения плотности воздуха приводит к увеличению выработки и повышению достоверности производимых расчетов.

Таким образом, предлагается ввести дополнительный коэффициент $f_{\text{по}}$ в выражение для определения выработки ВЭУ, учитывающий потери от обледенения и учесть изменение плотности воздуха, принимая в расчетах фактические, а не осредненные значения [3]:

$$\mathcal{E}_{\text{ВЭУ}} = 0,5 \left(\frac{P_d M_d + P_v M_v}{RT} \right) V^3 F_{\text{ВЭУ}} \eta_p \eta_r C_p 10^{-3} t f_{\text{по}},$$

где $\left(0,5 \left(\frac{P_d M_d + P_v M_v}{RT} \right) V^3 \right) = N_e$ – удельная мощность ветрового потока, Вт/м²; V – скорость ветра, м/с; $F_{\text{ВЭУ}}$ – ометаемая площадь ВЭУ, м²; η_p , η_r – КПД редуктора, КПД генератора; C_p – коэффициент использования ветрового потока, который учитывает долю получаемой мощности ветродвигателем от мощности воздушного потока; t – расчетное число часов работы ВЭУ в год, ч; $f_{\text{по}}$ – коэффициент, учитывающий потери от периодов появления изморози.

При расчете годовой выработки ВЭУ, без учета изменения плотности воздуха (при $\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3 = \text{const}$), выработка оказывается меньше на 10-12%, при этом наличие периодов появления изморози и заиндевения снижает выработку и требует применения адаптационных мероприятий.

В результате того, что суровые климатические условия и обледенение оказывают влияние на качество и достоверность результатов моделирования, технических и эксплуатационных показателей, таких как изменчивость летнего и зимнего периодов прихода

ветра, периодов простоя станции в результате обледенения, изменение выработки электроэнергии и мощности ВЭУ/ВЭС, предлагается на третьем уровне в алгоритме трехуровневой методики оценки ВЭР, предложенной в [4-5] при проведении микромасштабного моделирования ветрового потока учитывать эти условия и их изменения в течение всего периода наблюдений для повышения качества данных при обосновании параметров и режимов работы ВЭУ/ВЭС.

При определении критерия максимума экономии от внедрения ветровой генерации, выраженный в денежном эквиваленте за рассматриваемый промежуток времени предлагается при расчете ежегодных постоянных затратах электростанции ввести дополнительные коэффициенты $f_{ТОДЭС}$, $f_{ЗРЗ}$, $f_{ЗТ}$, учитывающие изменение затрат на техническое обслуживание, капитальный ремонт и расход топлива с учетом суровых климатических условий.

Рассмотренные параметры, такие как плотность воздуха ρ_v , влажность воздуха γ и атмосферное давление P , которые необходимы для точной оценки многолетней выработки, стоимости проекта с учетом адаптационных мероприятий и периодов простоя от обледенения, учитываются на стадии обоснования инвестиций и использованы при разработке методики проектирования ВДЭС с учетом суровых климатических условий (рис. 1).

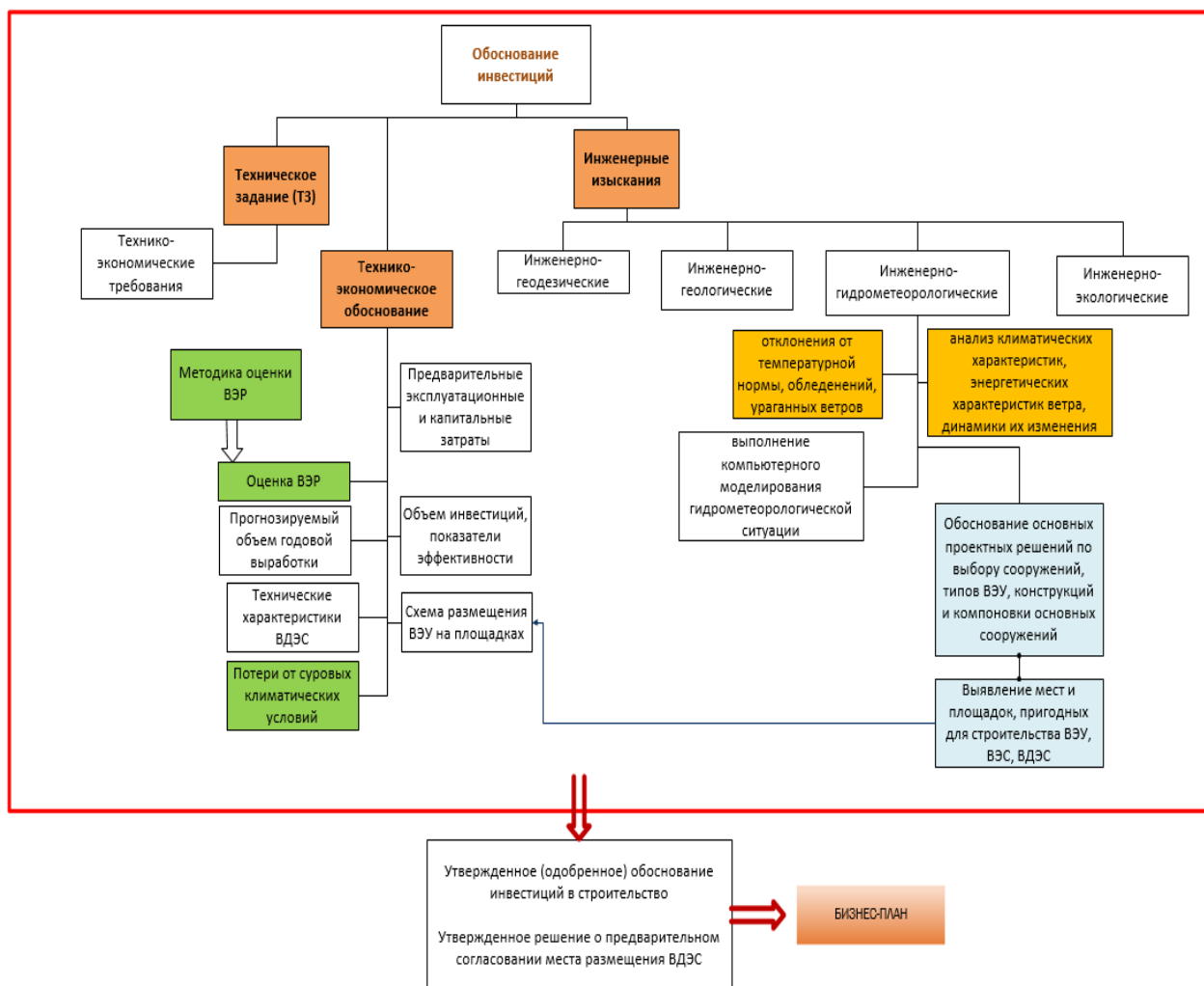


Рис. 1. Методика проектирования ВДЭС для стадии обоснования инвестиций

Особое внимание следует уделить анализу характеристик опасных метеорологических и гидрологических процессов и явлений (отклонений от температурной нормы, обледенений, ураганных ветров, активных проявлений эрозии почвы) и динамики их изменения [6].

При учете затрат электростанции предлагается ввести дополнительные затраты Z_{AM} – на адаптационные мероприятия, $Z_{ЗЭ}$ – на обеспечение зимней эксплуатации, и коэффициенты $f_{ТОДЭС}$, $f_{ЗРЗ}$, $f_{ЗГ}$, учитывающие изменение затрат на техническое обслуживание, капитальный ремонт и расход топлива с учетом суровых климатических условий.

При оценке нагрузок на ВЭУ в том числе от суровых климатических факторов предлагается ввести дополнительный коэффициент f_0 , учитывающий увеличение массы конструкции от обледенения и снеговой нагрузки. При учете обледенения масса возрастает до 50%.

При определении выработки ветроагрегата предлагается ввести дополнительный коэффициент $f_{по}$, учитывающий потери от обледенения.

Таким образом, учет влияния вышеперечисленных факторов позволит повысить достоверность и качество оцениваемых параметров.

Выводы:

1. Проанализирован учет проявлений холодного климата и выявлены факторы, влияющие на энергетические и технико-экономические показатели ВЭУ.
2. Разработана методика проектирования ветродизельных электростанций, с учетом проявлений холодного климата и выявленных факторов.
3. При учете влияния суровых климатических условий увеличиваются затраты на техническое обслуживание, капитальный ремонт, снижается межремонтный период, увеличатся эксплуатационные издержки.
4. В результате внедрения предлагаемой методики в проект ВДЭС в п. Мезень Архангельской области получены следующие результаты:
 - увеличение доли замещения дизельного топлива с 40 до 45 %;
 - снижение производства электроэнергии на ДЭС с учетом суровых климатических условий составит 42 %; без учета – 32%.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 424 с.
2. 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. Рр. 3509-3512.
3. Минина А.А. Учет штилей и энергетических затиший в методике ветроэнергетических расчетов краткосрочных режимов работы ВЭУ / Вестник МАНЭБ. 2010. Т. 15. № 4. С. 129-132.
4. Сливканич М.А., Дюльдин М.В., Елистратов В.В. Использование данных баз реанализа для повышения достоверности оценки ветроэнергетических ресурсов / Сб. тезисов Междунар. Конгресса Возобновляемая энергетика XXI век: энергетическая и экономическая эффективность. Москва, 27-28 октября 2015 г. С.398-405.
5. Сливканич М.А., Дюльдин М.В. К вопросу об оценке ветроэнергетических ресурсов на основе данных баз реанализа в п. Амдерма Ненецкого автономного округа / Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015, с. 251-254.
6. 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.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНЫХ И ВЕТРОВЫХ РЕСУРСОВ НА ТЕРРИТОРИИ СИРИИ

Цель данной работы – определение энергетического потенциала солнечных и ветровых ресурсов на территории Сирии. Для достижения цели разработана методика для оценки валового и технического потенциала солнечных и ветровых ресурсов.

1. Методика расчета валового и технического потенциала солнечных ресурсов.

Средний приход солнечной энергии на горизонтальную поверхность $\mathcal{E}_{удi}$ в Сирии составляет около $5 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2$ в день, или $1800 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2$ в год. Число часов солнечного сияния изменяется от 2820 до 3270 ч [1]. Согласно Solar Atlas for the Mediterranean (Электронный ресурс) [2] показан средний приход солнечной энергии на горизонтальную поверхность на рис. 1. Для расчета валового потенциала солнечной энергии на горизонтальную поверхность всей территории Сирии проведено зонирование территории, выделено пять зон, характеризующихся соответствующим средним приходом солнечной энергии, и рассчитана площадь каждой зоны с помощью программы Google Earth. Характеристики зон и удельный приход солнечной энергии в зонах показаны в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики зон солнечной карты Сирии

Зона	Площадь зоны S_i , км ²	$\mathcal{E}_{удi}$, кВт·ч / км ² в год	$\mathcal{E}_{удi}S_i$, кВт·ч в год
Зона 1	63574	1740	110618760
Зона 2	4847	1665	8070255
Зона 3	56710	1850	104913500
Зона 4	54335	2000	108670000
Зона 5	5714	2180	12456520

Общий валовый потенциал солнечной энергии на горизонтальную поверхность всей территории Сирии определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{сум.в.}}^{\text{сз}} = \sum \mathcal{E}_{уд.i} S_i = 344729035 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год} = 344729 \text{ ТВт}\cdot\text{ч/год},$$

где i – номер зоны

При использовании солнечных батарей со средним КПД, равным 16% ($\eta_{\text{сб}} = 16\%$), можно определить общий технический потенциал солнечной энергии территории Сирии $\mathcal{E}_{\text{сум.т.}}^{\text{сз}}$ по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{сум.т.}}^{\text{сз}} = \mathcal{E}_{\text{сум.в.}}^{\text{сз}} \cdot \eta_{\text{сб}} = 344729 \cdot 0,16 = 55157 \text{ ТВт}\cdot\text{ч/год}$$

2. Методика расчета валового и технического потенциалов ветровых ресурсов

Средняя плотность ветрового потока $N_{удi}$ (Вт/м²) на высоте 50 м над уровнем земли показана на рис. 2 согласно Global Wind Atlas (Электронный ресурс) [4]. Этот электронный ресурс работает на основе методики, которая рассчитывает скорость ветра в 16 расчетных узлов с шагом 250 м на площади 1х1 км, и на основании этих значений рассчитывает среднее значение скорости ветра для всей площади. Для расчета валового потенциала ветровой энергии всей территории Сирии, проведено районирование территории и выделено восемь зон с характерными значениями удельной средней плотности ветрового потока. С помощью программы Google Earth рассчитана площадь и энергия ветрового потока каждой зоны. Характеристики зон, удельная плотность ветрового потока и ветровая энергия в каждой зоне показаны в табл. 2.

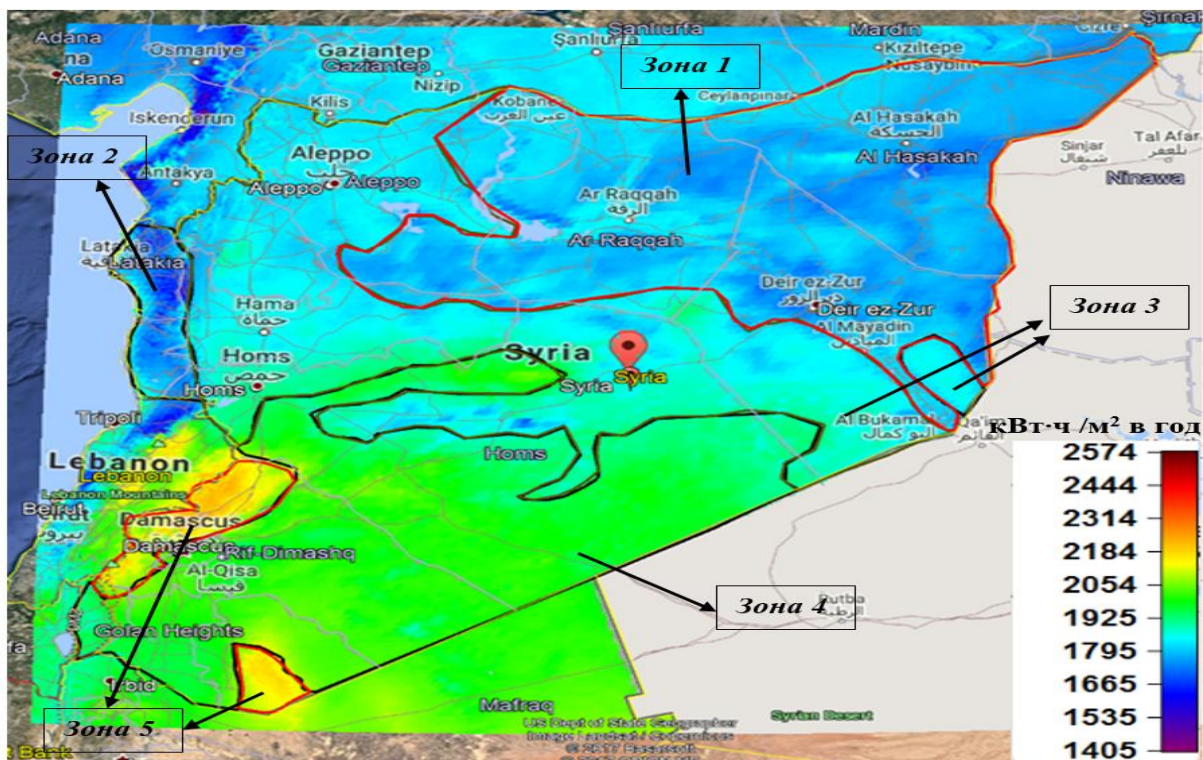


Рис. 1. Средний приход солнечной энергии на горизонтальную поверхность $\text{Э}_{\text{уд}}$ ($\text{kWh} \cdot \text{ч} / \text{m}^2$ в год)

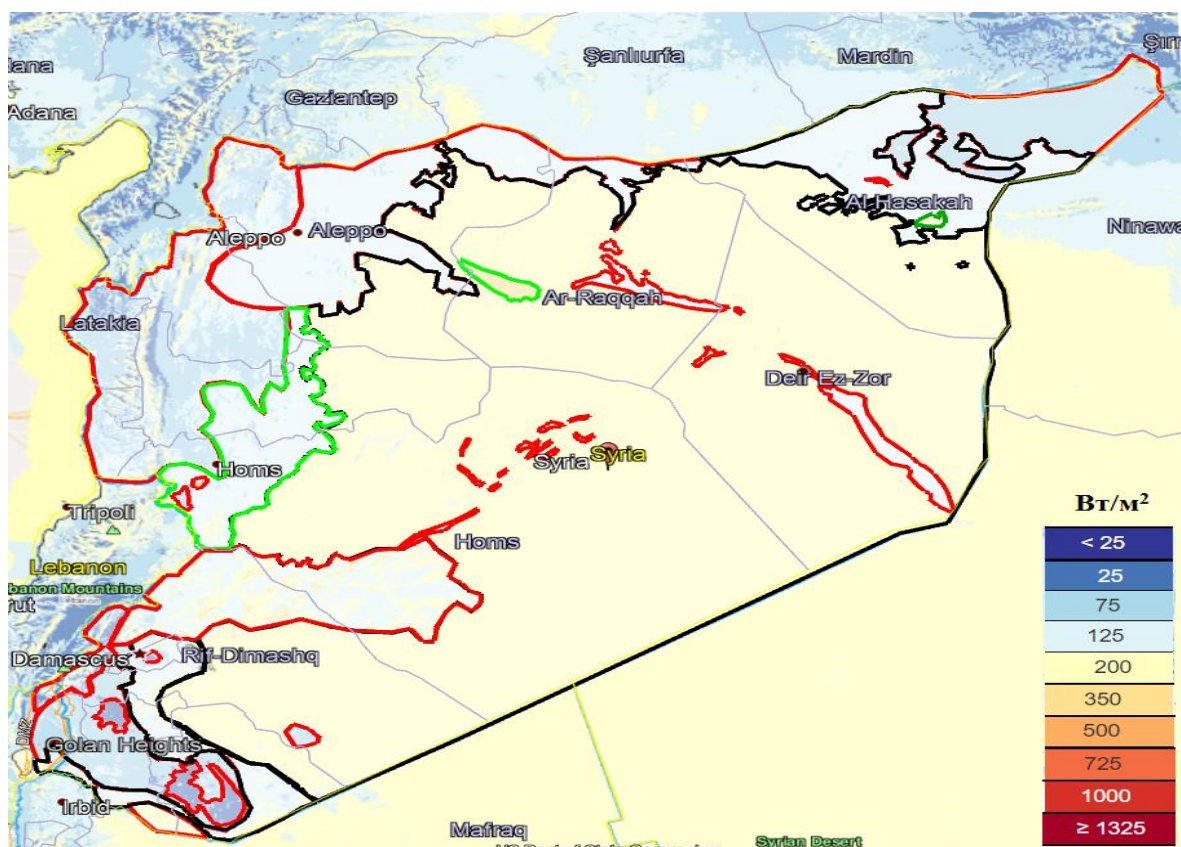


Рис. 2. Средняя плотность ветрового потока $N_{\text{уді}}$ (W / m^2) на высоте 50 м

Общая мощность ветрового потока на высоте 50 м и общий валовый потенциал ветровой энергии территории Сирии определены по формулам:

$$N_{\text{сум}} = \sum N_{\text{уд},i} S_i = 31217959 \text{ МВт} \cong 31,2 \text{ ТВт};$$

$$\mathcal{E}_{\text{сум.в.}}^{\text{ВЭ}} = \sum \mathcal{E}_{\text{уд},i} = 8760 \sum N_{\text{уд},i} S_i = 273470 \text{ ТВт} \cdot \text{ч} / \text{год}.$$

Таблица 2

Энергетические характеристики зон ветровой энергии Сирии

Зона	$N_{\text{уд},i}$, Вт/м ²	Площадь зоны S_i , км ²	$N_{\text{уд},i} S_i$, МВт	$\mathcal{E}_{\text{уд},i} = N_{\text{уд},i} S_i 8760$, ТВт·ч/год
Зона 1	25	1184	29600	259
Зона 2	75	10869	815175	7141
Зона 3	125	30272	3784000	33148
Зона 4	200	116564	23312800	204220
Зона 5	350	861	301350	2640
Зона 6	100	15606	1560600	13671
Зона 7	93	1038	96534	846
Зона 8	150	8786	1317900	11545

При расстоянии между ВЭУ, равном $10 \times D$, постоянном КПД ветроагрегата ($\eta \approx 0,3$), и с учетом ($S_T = qS$), технический потенциал ветровой энергии определяется по формуле:

$$\frac{\mathcal{E}_{\text{сум.т.}}^{\text{ВЭ}}}{\mathcal{E}_{\text{сум.в.}}^{\text{ВЭ}}} = \frac{\pi \eta S_T 40}{8 \cdot 100 \cdot S} = \frac{3,14 \cdot 0,3 q 40}{800} = 0,0471 q,$$

где D – диаметр ветроколеса; S_T – доступная площадь для строительства ВЭС, равная части q от общей площади Сирии ($S = 185180 \text{ км}^2$).

В табл. 3 показаны значения технического потенциала ветровой энергии.

Таблица 3

Технический потенциал ветровой энергии относительно доступной площади q

q	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
$S_T = qS$, км ²	1851,8	3703,6	5555,4	7407,2	9259
$\mathcal{E}_{\text{сум.т.}}^{\text{ВЭ}}$, ТВт · ч/год	129	258	386	515	644

Выводы.

1. Общий валовый и технический потенциал солнечной энергии на горизонтальную поверхность всей территории Сирии составляют, соответственно, около 344729 ТВт·ч/год и 55157 ТВт·ч/год.

2. Общая плотность мощности ветрового потока на высоте 50 м и общий валовый потенциал ветровой энергии всей территории Сирии составляют, соответственно, 31,2 ТВт и 273470 ТВт · ч/год.

3. Общий технический потенциал ветровой энергии всей территории Сирии при использовании 1, 2, 3, 4 и 5% от общей площади Сирии составляют, соответственно 129, 258, 386, 515 и 644 ТВт · ч/год.

Исследования проводятся под руководством д.т.н., проф. Елистратова В.В.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ali Al-Mohamad. Renewable energy sources in Syria. Renewable Energy. 2001, Vol. 24, pp. 365-371.
2. Solar Atlas for the Mediterranean [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.solar-med-atlas.org/solarmed-atlas/solar_data
3. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика, Учебное пособие для вузов, М., Изд. МЭИ, 2008, 320 с.
4. Global Wind Atlas [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.globalwindatlas.com/map.html>
5. Васильев Ю.С., Безруких П.П., Елистратов В.В., Сидоренко Г.И. Оценки ресурсов возобновляемых источников энергии в России. СПб, Изд-во Политехн. ун-та, 2008, 251 с.

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЯХ SMART GRID

С каждым годом тенденция внедрения Smart Grid получает всё большее распространение во всем мире. Электроэнергетические интеллектуальные сети Smart Grid имеют повышенную эффективность и надежность, так как концепция Smart Grid предполагает включение в общую электроэнергетическую систему множество распределенных источников энергии, работающих в том числе на возобновляемых источниках энергии. Это позволит снизить потери при перетоках и транспортировке электрической энергии.

Для понимания возможностей использования установок на основе возобновляемых источников энергии в Smart Grid был проведен анализ определения данного термина. В материалах международного Института инженеров электротехники и электроники (IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers) [1] Smart Grid – это: «Полностью интегрированная, саморегулирующаяся и самовосстанавливающаяся электроэнергетическая система, имеющая сетевую топологию, включающая в себя все генерирующие источники, магистральные и распределительные сети, а также все виды потребителей электрической энергии, управляемые единой сетью автоматизированных устройств в режиме реального времени». Электротехническая компания АВВ [2] трактует определение как: «Развитая система, которая управляет спросом на электроэнергию устойчивым, надежным и экономичным способом, построенным на развитой инфраструктуре и настроенным на интегрирование всех задействованных технологий, в том числе установок на основе возобновляемых источников энергии». В статье комиссии Европейского Союза [3] о Smart Grid дается определение: «...это электроэнергетические сети, которые могут автоматически контролировать потоки энергии, приспосабливаться к изменениям в энергоснабжении и потребностям потребителей соответственно. Данные интеллектуальные электроэнергетические сети наилучшим образом подходят для интеграции установок на основе возобновляемых источников энергии». Министерство энергетики США в своем сборнике книг о Smart Grid [4] дает свою трактовку понятия Smart Grid: «...полностью автоматизированная цифровая технология, которая позволяет осуществлять двустороннюю передачу электроэнергии и информации между энергообъектами». В формулировках международной электротехнической комиссии [5] (IEC – International Electrotechnical Commission) рассмотрено такое определение: «Smart Grid – концепция модернизации электроэнергетической сети, которая может разумно интегрировать действия всех подключенных к ней источников электроснабжения».

В рассмотренных документах присутствуют термины: «установки на основе возобновляемых источников энергии» и «развитая инфраструктура». Ознакомившись с руководством Международного агентства по ВИЭ (IRENA – The International Renewable Energy Agency) по эффективному размещению установок на основе возобновляемых источников энергии [6], был сделан вывод, что с помощью таких установок может быть достигнута необходимая для интеллектуальных электроэнергетических систем развитая инфраструктура локальных генерирующих энергообъектов, благодаря которой будет повышена эффективность и надежность.

Проанализировав книгу «Renewable Energy in Cities» Международного агентства по возобновляемым источникам энергии [7] (IRENA – The International Renewable Energy Agency), можно прийти к выводу, что в современных проектах умных городов, которые

переходят на технологию Smart Grid, уделяют огромное внимание внедрению установок на основе возобновляемых источников энергии. Огромным преимуществом таких установок является экологичность данного типа генерации электроэнергии. В современных мегаполисах вырабатывается огромное количество вредных веществ, что влияет на изменение климата и на здоровье людей. Еще одним преимуществом данных установок является то, что для создания энергообъектов можно использовать готовые здания. К примеру, в настоящее время существуют готовые решения для использования крыш фасадов для размещения солнечных фотоэлектрических установок [8, 9]. Методы и технологии использования установок возобновляемых источников энергии в системах энергоснабжения с распределенной генерацией приведены в [10].

На рис. 1 приведена структура интеллектуальной электроэнергетической системы.

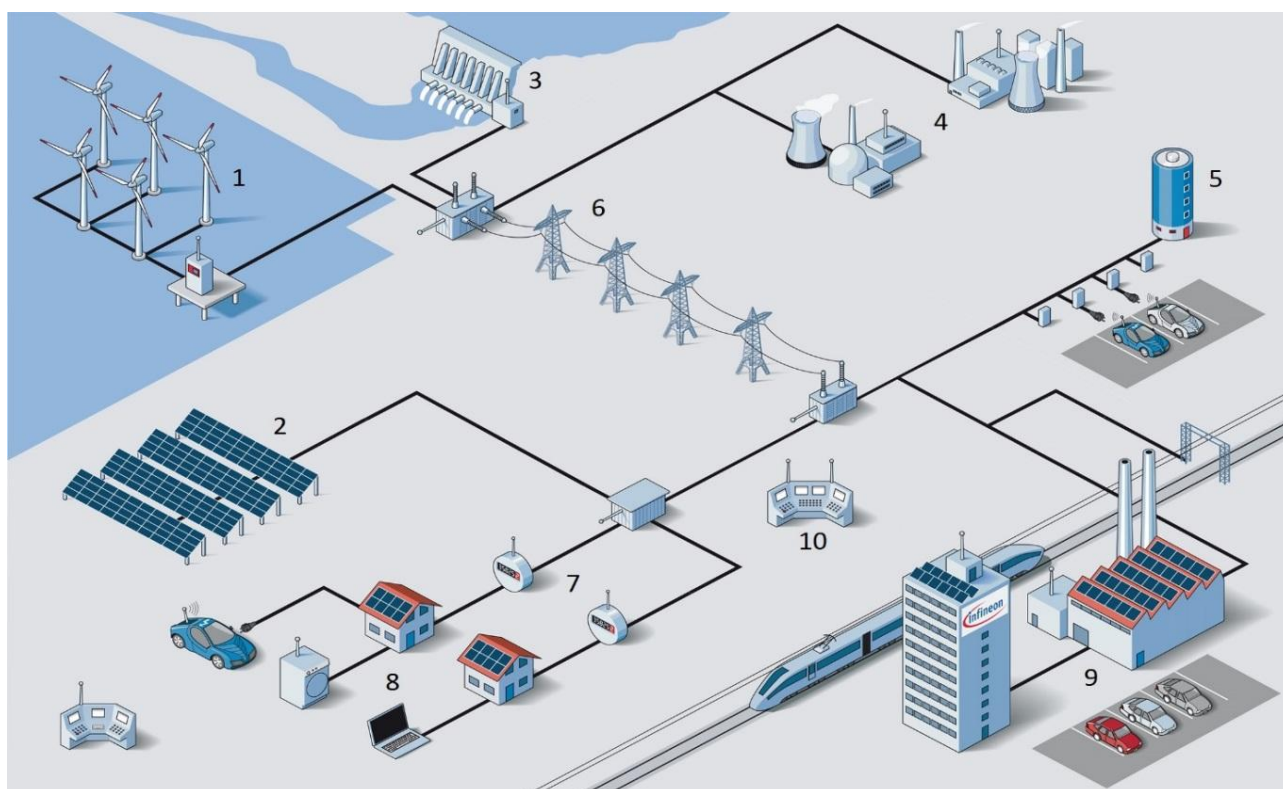


Рис. 1. Структура интеллектуальной электроэнергетической системы (Smart Grid):

- 1-3 – генерирующие установки на основе возобновляемых источников энергии; 4 – генерирующие установки на основе традиционных источников энергии; 5 – система хранения электроэнергии;
- 6 – система передачи электроэнергии; 7, 8 – частные потребители; 9 – промышленные потребители;
- 10 – система дистанционного мониторинга электроэнергетической сети

Необходимо отметить, что, локальные установки на основе возобновляемых источников энергии уменьшают потери при передаче электроэнергии, повышают энергоэффективность и стимулируют энергосбережение. Важными особенностями интеллектуальных электроэнергетических систем являются – непрерывный дистанционный мониторинг, прогнозирование предстоящей выработки установками ВИЭ, адаптивность процессов производства и потребления энергии. Именно это делает электроэнергетическую систему интеллектуальной.

Выводы:

1) проведен анализ определений Smart Grid из разных источников, из которых наиболее отвечающим принципам использования установок на основе возобновляемых источников энергии как важного компонента интеллектуальных электроэнергетических систем, являются определение комиссии Европейского Союза;

2) рассмотрена структура Smart Grid, особенности ее создания и функционирования;

3) использование установок на основе возобновляемых источников энергии как элементов местной распределенной генерации уменьшает потери при передаче электроэнергии, повышает энергоэффективность и стимулирует энергосбережение.

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. В.В. Елистратова.

ЛИТЕРАТУРА:

1. IEEE Smart Grid [Электронный ресурс] / 2015 IEEE Smart Grid Annual Report. Режим доступа: <https://smartgrid.ieee.org/about-ieee-smart-grid> (дата обращения 12.10.2017)
2. ABB – WHAT IS A SMART GRID [Электронный ресурс] / ABB Portal, 2017. Режим доступа: <http://new.abb.com/smartgrids/what-is-a-smart-grid> (дата обращения 12.10.2017)
3. Smart grids and meters – European Commission [Электронный ресурс] / European Commission Portal, 2017. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters> (дата обращения 12.10.2017)
4. What is the Smart Grid? – USA Department of Energy, Smart Grid subdivision [Электронный ресурс] / USA Department of Energy Portal about Smart Grid, 2017. Режим доступа: https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html (дата обращения 12.10.2017)
5. What is a Smart Grid? – International Electrotechnical Commission [Электронный ресурс] / International Electrotechnical Commission Portal, 2017. Режим доступа: <http://www.iec.ch/smartgrid/background/explained.htm> (дата обращения 12.10.2017)
6. Smart Grids and Renewables, Guide for Effective Deployment – International Renewable Energy Agency [Электронный ресурс] / International Renewable Energy Agency Portal, Ноябрь 2013. Режим доступа: https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/smart_grids.pdf (дата обращения 12.10.2017)
7. Renewable Energy in Cities – International Renewable Energy Agency [Электронный ресурс] / International Renewable Energy Agency Portal, 2016. Режим доступа: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Renewable_Energy_in_Cities_2016.pdf (дата обращения 12.10.2017)
8. Tesla Solar Roof – TESLA [Электронный ресурс] / TESLA Portal. Режим доступа: <https://www.tesla.com/solarroof> (дата обращения 12.10.2017)
9. Елистратов В.В., Петров В.М. Проектирование фасадно-интегрированной фотоэлектрической системы электроснабжения зданий для южных регионов РФ / Вестник Аграрной науки Дона, Том 2, № 38, 2017, С. 51-59
10. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Изд. Политехн. ун-та, 2016. 423 с.

УДК 621.22

К.А. Девятова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

Цель работы – анализ эффективности строительства малых ГЭС на территории Дагестана.

Республика Дагестан обладает значительным гидроэнергетическим потенциалом – 55 млрд. кВт·ч, что составляет около 40% потенциала рек Северного Кавказа. В настоящее время освоено около 10% гидроресурсов республики при очень низком потреблении электроэнергии на душу населения (1550 кВт·ч против 5342 кВт·ч в среднем по России). По степени освоения

экономически эффективных гидроресурсов Дагестан, как и Россия, в целом значительно уступает экономически развитым странам. Потенциальные гидроэнергетические ресурсы по республике распределены неравномерно: более 94 % общего гидроэнергетического потенциала сосредоточено в бассейнах рек Сулак, Самур, Аварское Койсу и Андийское Койсу. Гидроэнергетический потенциал используется посредством строительства крупных, средних и малых ГЭС[3].

Создание МГЭС имеет ряд преимуществ по сравнению с более крупными гидроэнергетическими объектами. В то же время, они решают разные задачи и не исключают, а дополняют друг друга. Малая энергетика может развиваться параллельно с крупными ГЭС, особенно там, где передача энергии осуществляется в труднодоступные, горные, районы, такие, как республика Дагестан, и где возможны аварии ЛЭП.

Строительство объектов малой энергетики экономически целесообразно со следующих позиций [1]:

- сооружение МГЭС не требует больших капиталовложений, что облегчает поиск инвесторов;
- сокращение сроков строительства по сравнению с крупными ГЭС;
- возможность разработки типовых проектов и унифицированных деталей для строительства, что снижает их стоимость;
- простота и надежность конструкций, гибкость эксплуатации, малые эксплуатационные затраты.

Малые ГЭС Дагестана являются крупнейшим источником возобновляемой энергии и обеспечивают 3,2% потребления и 2,8% генерации. Потенциальные гидроэнергетические ресурсы Дагестана для строительства малых ГЭС, подсчитанные по 139 водотокам, составляют 7,7 млрд. кВт·ч. Дагестанскими энергетиками разработана технология поточного строительства малых гидроэлектростанций, которая позволяет снизить показатель стоимости кВт установленной мощности на возводимом объекте в несколько раз за счет применения типовых методов строительства, оборудования и эксплуатации [4].

По программе «Прометей» стоимость 1 кВт установленной мощности составляет от 45 до 58 тыс. рублей, что значительно ниже мировых аналогов. При этом срок окупаемости составляет 5-6 лет. Особенностью программы является проектирование малых ГЭС для работы в зимних условиях. В рамках реализации программы «Прометей» в 2006 г. введены в эксплуатацию малая Агульская ГЭС, $N_y = 0,6$ МВт и малая Ульяновская ГЭС, $N_y = 1,2$ МВт, завершается строительство малой Магинской ГЭС, $N_y = 1,2$ МВт на реке Ахтычай. В 2007 г. фонд «Новая энергия», являющийся оператором Программы развития малой гидроэнергетики ОАО «ГидроОГК», завершил строительство по технологии «Прометей» Амсарской, $N_y = 1$ МВт, Шиназской, $N_y = 1,38$ МВт и Аракульской, $N_y = 1,415$ МВт малых ГЭС в Республике Дагестан (рис. 1) [5].

На стадии строительства и проектирования находится 9 МГЭС общей мощностью 62,4 МВт. Кроме того, в начале 2000-х годов планировалась разработка проектов 10 малых ГЭС на разных реках республики и около 70 типовых малых ГЭС в бассейне реки Сулак мощностью по 0,6 МВт. С целью более эффективного использования гидроэнергетических ресурсов разработана программа ускоренного развития гидроэнергетики республики Дагестан на период до 2020 года. В ней предусматривается развитие четырех основных направлений [2]:

- освоение экономически апробированных гидроэнергетических ресурсов в бассейне р. Сулак;
- освоение гидроэнергетических ресурсов второй водной артерии республики – р. Самур;
- реконструкция и расширение действующих гидроэлектростанций;
- восстановление вышедших из эксплуатации и строительство новых малых ГЭС.

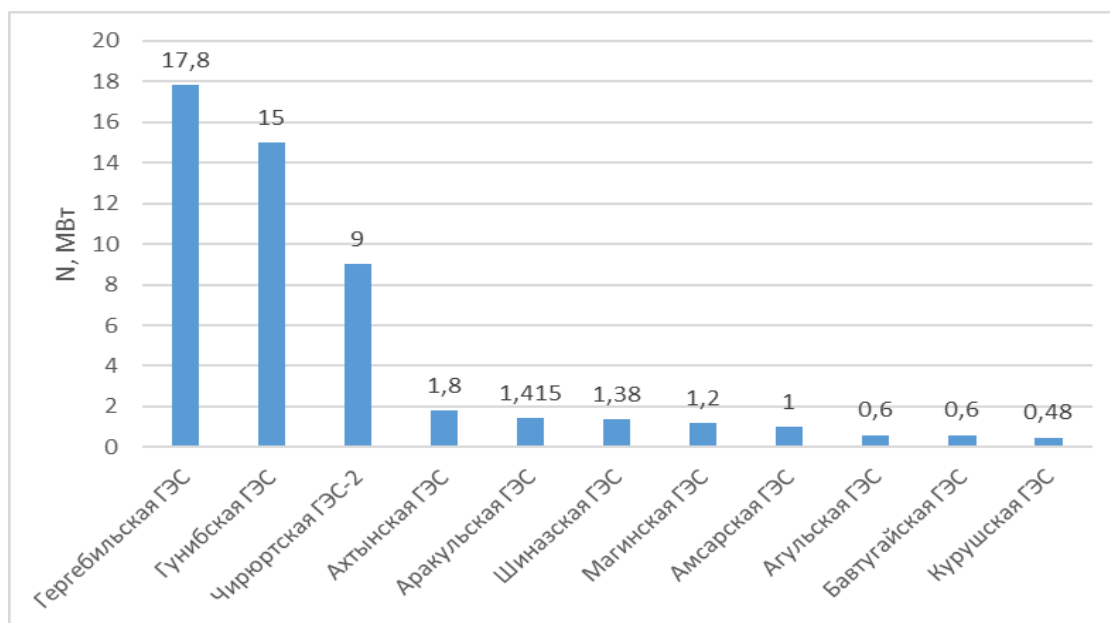


Рис. 1. График мощностей МГЭС Республики Дагестан

Выводы.

1. Развитие малой региональной энергетики способно существенно повысить надежность системы электроснабжения.
2. Строительство электростанций с использованием новейшего отечественного и зарубежного оборудования гарантирует существенно большую надежность и эффективность действия малой энергетики по высокому КПД, ресурсу до капитального ремонта.
3. Ориентация на рассредоточенную малую энергетику резко сокращает объемы затрат на строительство и содержание линий электропередач.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бритвин С.О. Малая энергетика. ОАО «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений», 2004. 72 с.
2. Елистратов В.В. и др. Гидроэлектростанции малой мощности. Санкт-Петербург, 2007. 432 с.
3. Барков К.В., Елистратов В.В. Малая гидроэнергетика – альтернатива электроснабжения отдаленных потребителей. Сб. докл. междунар. научно-практ. конф. СПб, изд-во Политехнического университета, СПб, 2003.
4. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mkala.mk.ru>, свободный. Дата обращения: 10.10.2017 г.
5. РусГидро [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.dagestan.rushydro.ru/>, свободный. Дата обращения: 10.10.2017 г.

УДК 621.311

Н.А. Крамаренко

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЕВРОННЫХ И КОМБИНИРОВАННЫХ УПЛОТНЕНИЙ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

Цель работы – анализ эффективности использования шевронных и комбинированных уплотнений гидроцилиндров.

Гидравлические цилиндры входят в состав механического оборудования любой гидроэлектростанции. Гидроцилиндры являются частью гидроприводов, которые

предназначены для управления затворами ГЭС, водохранилищ, водопропускных узлов и шлюзов. Учитывая важность данных устройств, к ним предъявляются очень высокие требования, так как их неисправность приводит к выходу из строя гидрооборудования, что влечет за собой колоссальные затраты на его ремонт [1-3]. Поэтому при проектировании механического оборудования строительными компаниями пристальное внимание уделяется вопросу гидроизоляции и герметизации.

Уплотнительные устройства гидроцилиндра предназначены для предупреждения или уменьшения допустимых утечек рабочей жидкости через соединения. Перемещение поршня и штока гидроцилиндра осуществляется за счет поступления рабочей жидкости в одну из полостей. Усилие, развиваемое цилиндром, определяется давлением и площадью поршня. Для создания высокого давления в его полости необходимо обеспечить герметичность, то есть надежное уплотнение поршня и штока (рис. 1).

Сравнительный анализ существующих уплотнений, используемых в гидроцилиндрах, показал, что в настоящее время наиболее часто используются шевронные и комбинированные уплотнения.

Шевронные уплотнения (рис. 2) производятся в соответствии с ГОСТом 22704-77 и состоят из шевронной манжеты, опорного и нажимного кольца.



Рис. 1. Гидроцилиндр

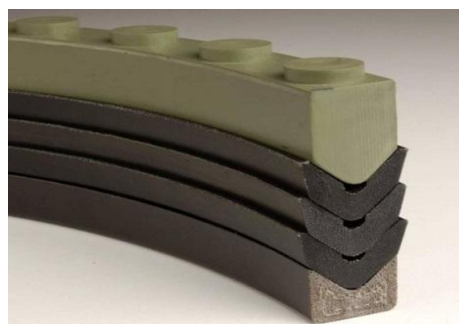


Рис. 2. Шевронное уплотнение

Конструкция данного уплотнения выполнена таким образом, что манжет расположен между опорным и нажимным кольцом [4]. Манжеты, выполненные по ГОСТ 14896-84, обеспечивают достаточный предварительный натяг без специальных распорных устройств. Под давлением подводимой жидкости лепестки манжеты поджимаются к уплотняемым поверхностям дополнительным усилием. Если давление действует на тыльную сторону манжеты, лепестки отжимаются и пропускают жидкость через уплотнение. Рабочей средой для таких манжет может быть вода, эмульсия и минеральные масла при давлении до 40 МПа и температурном диапазоне от -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Недостатком шевронных уплотнений является громоздкость, сравнительно большая сила трения и обеспечение герметичности контакта поршня с гильзой лишь в цилиндре одностороннего действия. Для уплотнения поршней в гидроцилиндрах двухстороннего действия необходимо устанавливать по две манжеты с использованием промежуточного кольца.

Эластичные кольца – наиболее универсальный и распространенный вид уплотнений не только в гидроцилиндрах, но и в других гидромеханизмах, характеризующиеся простотой, компактностью и надежностью [5]. Герметичность уплотнений при нулевом (нерабочем) давлении жидкости обеспечивается упругостью резины, достигаемой предварительным сжатием кольца при монтаже. Под действием рабочего давления жидкости кольцо,

дополнительно деформируясь у внешней стороны канавки, создает плотный контакт с уплотняемыми поверхностями.

Вследствие того, что прямоугольные кольца больше, чем круглые, подвержены закручиванию и выдавливанию в зазор, они применяются в комбинированных уплотнениях. Для предупреждения выдавливания уплотнительных колец в зазор при давлении более 10 МПа с одной или с обеих сторон уплотнительного кольца устанавливают защитные кольца из твердой резины, капрона, нейлона, фторопласта и других материалов, обладающих высокой прочностью, низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью (рис. 3) [6]. Применение защитных колец допускает подъем рабочего давления до 50-80 МПа или допускает работу при увеличенных зазорах δ . Рабочей средой данных уплотнений могут быть минеральные масла, жидкие топлива, эмульсии, пресная и морская вода. Диапазон рабочих температур от -50°C до $+100^{\circ}\text{C}$.

Комбинированные и шевронные уплотнения немецкой компании Merkel характеризуются высокой теплопроводностью, устойчивостью к истиранию, широким температурным диапазоном и высокими гидроизоляционными показателями.

Комбинированное уплотнение Merkel Omegat ОМК-Е представляет собой поршневой гидроизолятор, состоящий из двух частей: профильного РТФЕ кольца и кольца круглого сечения из фторкаучука в качестве силового элемента (рис. 4). РТФЕ представляет собой продукт химической реакции, обладающий высокой стойкостью к химическим реагентам, механической прочностью и широким диапазоном рабочих температур. Применение данного уплотнения допускается при соблюдении следующих граничных условий:

- давление 40 МПа;
- скорость перемещения 5 м/с;
- температурный диапазон от -30°C до $+110^{\circ}\text{C}$.

Шевронное уплотнение Merkel ЕК, ЕКV представляет собой комплект из нескольких элементов для уплотнения штоков, состоящий из одного нажимного кольца, не менее трех манжет и одного опорного кольца (рис. 5). В качестве изготовительных материалов могут выступать нитрил- и фторкаучук [7]. Шевронные уплотнения данной компании проходят проверку в очень сложных условиях и могут работать определенное время при ухудшенных поверхностях уплотнения без снижения качества гидроизоляции. Несмотря на это, данный продукт имеет ряд ограничений по условиям эксплуатации:

- давление 40 МПа;
- скорость перемещения 0,5 м/с;
- температурный диапазон от -10°C до $+100^{\circ}\text{C}$.

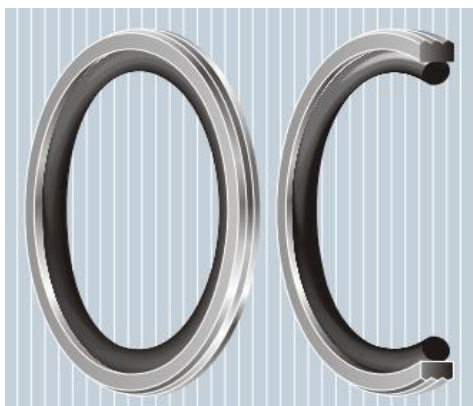


Рис. 3. Комбинированное уплотнение с защитным кольцом

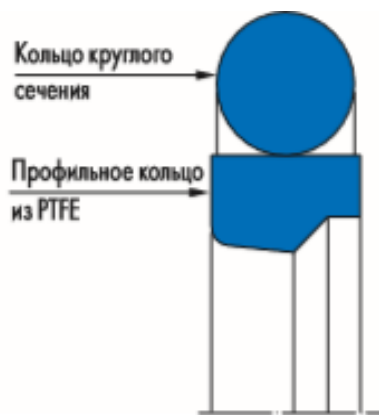


Рис. 4. Поперечный разрез комбинированного уплотнения

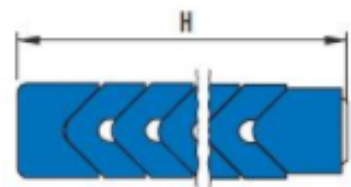


Рис. 5. Шевронное уплотнение

Выводы. Сравнительный анализ комбинированных и шевронных уплотнений показал, что комбинированные уплотнения работают в большем температурном диапазоне: от -30°C до $+110^{\circ}\text{C}$ и могут использоваться на скоростях, в 10 раз превышающих скорости перемещения шевронных уплотнений, а также имеют больший срок эксплуатации и меньшую вероятность возникновения дефектов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Васильев Ю.С. и др. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций. М., 1990. 336 с.
2. Машиностроение. Энциклопедия. Том. IV-20. Гидравлические машины, агрегаты и установки. М.: Машиностроение. 2015.
3. Васильев Ю.С., Елистратов В.В. Гидроэнергетические установки: краткий конспект лекций. Санкт-Петербург, 2011.
4. ООО «Центр гидроцилиндров». Проектная документация «Опорно-уплотнительные элементы и ремкомплекты для гидроцилиндров». Люберцы, 2007. 58 с.
5. James Walker & Co Ltd. Проектная документация «Справочник по гидравлическим уплотнениям». Англия, 2007. 86 с.
6. ООО «Элkont Комплект». Проектная документация «Комбинированные уплотнения и опорно-направляющие элементы из полимерных и композиционных материалов для гидро-пневмо систем». М., 2007. 72 с.
7. Freudenberg Simrit. Каталог «Наборы шевронных манжет Merkel EK, EKV». Германия, 2011. 5 с.

УДК 621.22

А.А. Попов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБОСНОВАНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ЧИРКЕЙСКОЙ ГЭС

Цель работы – обоснование модернизации оборудования Чиркейской ГЭС. Повышение технико-экономической эффективности ГЭС является важной проблемой обеспечения надежности работы оборудования, потребности энергосистемы в остропиковых станциях с высокоманевренным оборудованием и выдачи в сеть не только активной, но и реактивной мощности. Замена оборудования, полностью отработавшего нормативный срок службы, позволит увеличить среднегодовую выработку ГЭС на 211 млн. кВт·ч и установленную мощность – на 100 МВт.

Чиркейская ГЭС расположена в одноимённом узком ущелье глубиной более 200 м. Водный режим реки отличается затяжным половодьем с конца марта до конца августа и наибольшими расходами в мае-июне. Сток реки формируется за счёт таяния снегов и ледников, а также выпадения дождевых осадков.

Чиркейская ГЭС представляет собой высоконапорную плотинную гидроэлектростанцию с арочной плотиной и приплотинным зданием ГЭС. В настоящее время установленная мощность электростанции равна 1000 МВт, среднегодовая выработка – 2268 млн. кВт·ч. В здании ГЭС установлено 4 вертикальных гидроагрегата с радиально-осевыми турбинами РО 230/9896-B450 и генераторами ВГСФ 930/233-30 мощностью по 250 МВт. Турбины работают на напоре 156–207 м (расчётный напор – 170 м), частота вращения составляет 200 об/мин [1].

Напорные сооружения ГЭС образуют Чиркейское водохранилище многолетнего регулирования. Чиркейская ГЭС является крупнейшей ГЭС Северного Кавказа. Имея высокие маневренные возможности, она является основной регулирующей станцией в объединённой энергосистеме Юга, работая в пиковой части графика нагрузок (рис. 1).

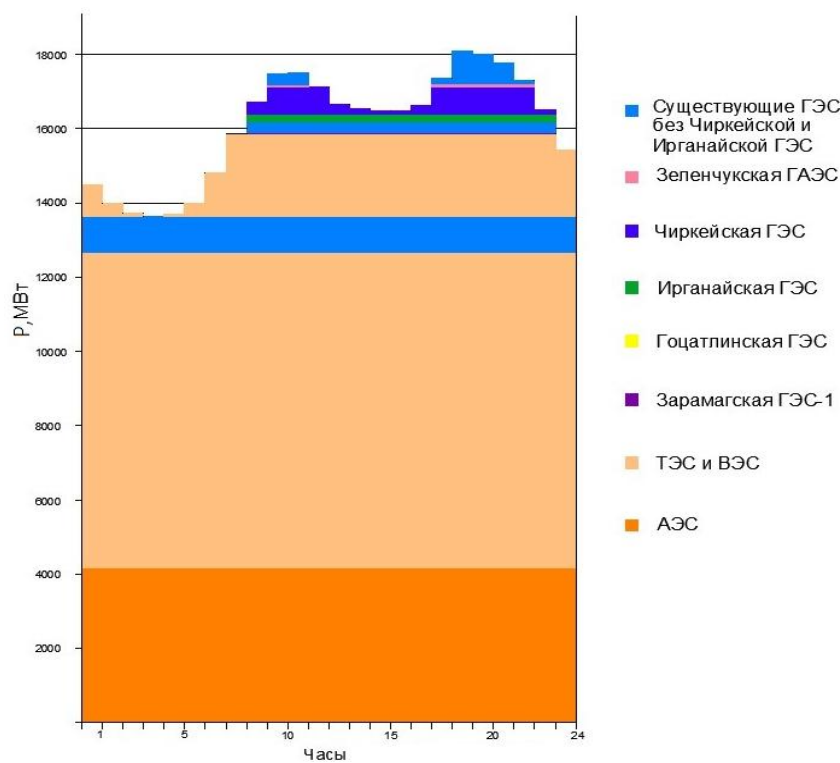


Рис. 1. Суточный график нагрузки зимнего максимума рабочего дня для ОЭС Юга

В настоящее время гидроагрегаты Чиркейской ГЭС в среднем отработали 40 лет. Физический износ оценивается следующим образом: по гидротурбинам 97,5%; по генераторам 95,1%.

Основные технические параметры проекта модернизации Чиркейской ГЭС приведены в табл. 1.

Основные задачи при выборе новой турбины – получение наибольшей мощности и выработки электроэнергии [2]. Новая гидротурбина должна быть вписана в существующую проточную часть: спиральную камеру и отсасывающую трубу, поэтому диаметр рабочего колеса должен быть не больше 4,5 м. Замена турбин и генераторов даст возможность увеличить мощность до 275 МВт за счёт увеличения расчётного напора турбины до 175 м.

Таблица 1

Основные параметры проекта

Наименование	Параметры	
	Текущее значение	Значение после модернизации
Мощность турбины, МВт	256	281
Мощность генератора, МВт	250	275
Количество гидроагрегатов, шт.	4	4
Установленная мощность ГЭС, МВт	1000	1100
Выработка электроэнергии, млн. кВт·ч	2268	2479
Прирост установленной мощности, МВт	100	
Срок реализации проекта, годы	2017-2023	

В результате проведенных расчетов выбрана турбина PO230/2733-B-450, которая имеет наилучшие энергетические и кавитационные характеристики (большой приведённый расход

и меньший коэффициент кавитации на линии ограничения мощности). Частота вращения 200 об/мин. Высота отсасывания при максимальной мощности и расчётном напоре 7,0 м. КПД турбины максимальный, не менее 95,3%.

Параметры нового генератора: СВ 930/265-30 УХЛ4, мощность 275,0 МВт, коэффициент мощности $\cos\phi$ 0,85, напряжение 15,75 кВ, КПД не менее 98,3%, номинальная частота вращения 200 об/мин.

Технико-экономический анализ проекта проводился с использованием программы Alt-Invest, исходными данными для которого являются капитальные вложения на замену агрегатов, составляющие 5 877 млн. руб. [3-4].

Выводы. Полученные критерии эффективности: внутренняя норма доходности $IRR = 35,1 \%$, чистый дисконтированный доход $NPV = 421$ млн. руб., простой срок окупаемости $PB = 8,4$ лет, дисконтированный срок окупаемости $DPB = 9,8$ лет, индекс доходности $PI = 1,7$, доказывают, что проект замены гидроагрегатов Чиркейской ГЭС является экономически и технически эффективным [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. ПАО «РусГидро». Замена гидроагрегатов Чиркейской ГЭС.
2. Гальцова Ю.В., Кудряшева И.Г. Оценка эффективности проектов строительства ГЭС / Неделя науки, СПб, Изд-во Политехн. ун-та, 2010. С. 111-113.
3. Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М., 2000.
4. Сидоренко Г.И., Кудряшева И.Г., Пименов В.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. СПб, 2008.
5. Гальцова Ю.В., Кудряшева И.Г. Финансовая модель оценки материальных активов ГЭС / Компьютерное моделирование наноструктур и возобновляемых источников энергии. СПб, 2010. С. 24-26.

УДК 620.92

М.В. Шумейко

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ

Цель работы – анализ систем обеспечения электроэнергией децентрализованных и изолированных потребителей.

Большая часть обширной территории России с малой плотностью населения до сих пор не присоединена к централизованным энергетическим системам. В соответствии со статистическими данными, около 10 млн. населения, проживающего в северных территориях, на Дальнем Востоке и в некоторых других регионах, не присоединены к электрическим сетям энергосистем. Они получают электроэнергию от автономных систем электроснабжения, в которых источниками электроэнергии являются дизельные генераторы небольшой мощности. Необходимое топливо завозится из отдаленных центров автотранспортом, водными путями и авиацией.

Электростанции поселков и сельских поселений можно условно разделить на дизельные электростанции (ДЭС): «малой» мощности с установленной мощностью до 150 кВт, «средние» с установленной мощностью от 150 кВт до 1,3 МВт и относительно «крупные» с установленной мощностью от 1,3 МВт до 2,8 МВт.

ДЭС «малой» мощности установлены в сельских поселениях с численностью от 26 до 130 человек (д. Варнек, д. Пылемец, д. Осколково, д. Волонга, д. Мгла, д. Чижа, д. Вижас, д. Устье, д. Белушье, д. Тошвиска и др.).

ДЭС «средней» мощности расположены в сельских поселениях с численностью от 130 до 700 человек (п.Андег, д.Лабожское, п.Усть-Кара, п.Бугрино, с.Коткино, с.Оксино п.Харута, п.Инди́га, п.Каратайка п.Шойна и др.).

Крупные ДЭС работают в поселках с населением от 700 до 1600 человек (п.Красное, п.Хорей-Вер, п.Нельмин-Нос, с.Несь, с.Великовисочное, с.Ома, с.Нижняя Пеша).

По оценке Российского энергетического агентства число ДЭС, работающих в зонах северного энергоснабжения, составляет около 900 с выработкой электроэнергии около 2540 МВт·ч в год (рис. 1).



Рис. 1. Распределение основных ДЭС по территории России

Общая мощность дизельных электростанций, работающих в районах Крайнего Севера и территориях, приравненных к ним, составляет более 3 млн. кВт, а производство электроэнергии в них – около 15 млрд. кВт·ч, для чего ежегодно завозится около 5-6 млн. т дизельного топлива [1]. Многие ДЭС имеют устаревшее оборудование, выработавшее свой ресурс, в результате имеют высокий расход топлива и, соответственно, себестоимость производимой энергии на них колеблется в диапазоне от 30 до 150 руб. за 1 кВт·ч. Большая часть стоимости электроэнергии, отпускаемой потребителям, особенно бытовым, датируется из бюджетов различного уровня. В результате возникает перекрестное субсидирование, существенно затрудняющее осуществление либерализации тарифной политики. В связи с этим возникает острая необходимость в модернизации систем энергоснабжения, работающих в суровых климатических условиях России на основе современных энергоэффективных технологий.

Для районов Крайнего Севера России, учитывая слаборазвитую инфраструктуру, ограниченную транспортную доступность и суровые климатические условия эксплуатации оборудования, наиболее актуальным является создание модульной, надежной и эффективной системы энергоснабжения, оптимальным образом использующей преимущества местных возобновляемых источников энергии, прежде всего ветровой энергии [2].

Альтернативой для районов децентрализованного электроснабжения может стать внедрение ветроэлектрических установок (ВЭУ) и создание ветродизельных энергокомплексов при условии наличия достаточно высокого ветроэнергетического

потенциала на данных территориях. Перспективными, в плане внедрения ВДЭС, являются северные и дальневосточные прибрежные регионы России [3].

Ветро дизельная электростанция представляет собой гибридную электростанцию, состоящую из ВЭС и ДЭС с оптимально подобранными мощностями, силовой электроникой и автоматизированной системой управления. Варианты компоновки и режимы работы ВДЭС обусловлены ресурсными, техническими, технологическими решениями.

За счет внедрения возобновляемого источника энергии:

- повышается энергетическая безопасность отдаленных районов вследствие повышения самообеспеченности «местными» энергоресурсами;
- уменьшаются на 15-20% потери энергии при транспортировке и распределении в результате пространственного сближения объектов производства и потребления электроэнергии;
- снижаются объемы привозного топлива;
- повышается экологическая безопасность путем снижения вредных выбросов в окружающую среду (CO_2 , SO_x , NO_x).

Большая часть перспективных территорий для создания ВДЭС в России располагается в условиях сурового климата и вечной мерзлоты, что осложняет проектирование и эксплуатацию энергокомплексов [4,5].

В регионах с суровыми климатическими условиями, где температура опускается ниже -30°C , существует проблема обледенения основного оборудования, которое может приводить к отказам в работе установок энергокомплекса и перебоям в энергоснабжении потребителя. Наиболее значимое влияние обледенение оказывает на ВЭУ, поскольку оно изменяет весовые характеристики рабочих элементов, ухудшает аэродинамические характеристики ветроагрегата [6].

Около 60-65% территории России расположены в зоне многолетней мерзлоты, т.е. для организации фундаментов необходимо использовать специальные методики и технологии. В России накоплен большой опыт возведения фундаментов на вечномерзлых грунтах в гражданском, промышленном и гидротехническом строительстве. Этот опыт необходимо адаптировать для объектов ВЭУ, имеющих ряд особенностей по характеру сочетания нагрузок и воздействий в силу специфики своей конструкции.

В мировой практике существует опыт создания и эксплуатации ВДЭС в условиях сурового климата США (Аляска), Норвегии, Швеции, Канаде и Финляндии. В отношении расположения ВДЭС в районах вечной мерзлоты мировой опыт (США, Канада) не может учесть всего разнообразия возможных геологических состояний вечномерзлого грунта, присущих российским условиям [7]. В России уже имеется опыт эксплуатации ВДЭС в п. Амдерма Ненецкого автономного округа, в республиках Коми, Карелия, Саха, в Ленинградской, Архангельской, Ростовской и Мурманской областях, на Курильских островах, в Красноярском крае, на Камчатке [8]. В НОЦ «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе» Санкт-Петербургского политехнического университета разработаны методы и технологии автономного энергоснабжения путем создания модульных энергокомплексов на базе возобновляемых источников энергии.

Выводы. Использование ВИЭ в комплексных системах энергоснабжения является наиболее эффективным механизмом экономии топлива. Учитывая высокий ветровой потенциал северных территорий, строительство ВДЭС в этих районах наиболее целесообразно. Использование предлагаемых подходов способствует повышению энергетической и экологической безопасности и надежности районов децентрализованного энергоснабжения, снижению объемов дальнепривозного топлива и цен на электроэнергию у конечных потребителей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика: учебное пособие СПб.: Наука, 2016.
2. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г. Разработка принципов комплексного подхода к определению эффективности ветро-дизельных энергетических комплексов автономного энергоснабжения / Электрические станции. 2015.
3. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г. Методические основы оценки эффективности создания энергокомплексов на возобновляемых источниках энергии в условиях сурового климата. Сб. Возобновляемая энергетика XXI век. 2015.
4. Elistratov V.V., Kudryasheva I.G. Principles of an integrated approach to determining the efficiency of standalone wind/diesel power systems / Power Technology and Engineering. 2016.
5. Elistratov V.V., Kudryasheva I.G. 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.
6. Вечная мерзлота. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный: http://ru.wikipedia.org/wiki/Вечная_мерзлота
7. Безруких П.П., Арбузов Ю.Д. и др. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. СПб.: Наука, 2002. 314 с.
8. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс]. URL: <http://russiagogreen.ru> (дата обращения: 13.09.2015).

УДК 622.22

А.М. Шумилина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

РАБОТА ГАЭС В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Цель работы – анализ режимов работы гидроаккумулирующих станций в энергосистеме.

Проблема покрытия пиковых нагрузок и прохождения периодов сниженного электропотребления в последние десятилетия во всем мире становится все более актуальной в связи с разуплотнением графиков нагрузок современных энергосистем, увеличением количества маломаневренных турбоагрегатов повышенной мощности ТЭС и АЭС, а также значительной степенью освоения экономически выгодных для использования гидроресурсов.

В настоящее время ГАЭС эксплуатируются в 35 странах мира. Наиболее интенсивно гидроаккумулирование развито в США, Японии, Германии, Италии, Франции, Швейцарии. На долю этих стран приходится около 200 ГАЭС, или 60% от общего числа; в частности мощность ГАЭС США и Японии составляет около 40% общей мощности ГАЭС мира. В европейской зоне, исключая страны, входившие в состав СССР, эксплуатируется 88 ГАЭС общей мощностью 33645 МВт (рис. 1). В настоящее время в мире строится около 40 ГАЭС [1].

Диапазон установленных мощностей современных ГАЭС колеблется в широких пределах. Из числа ГАЭС суммарной установленной мощностью более 100 МВт около 50% имеют установленную мощность до 500 МВт, 31% – от 500 до 1000 МВт и лишь 5% – 1500 МВт и более. Наиболее крупными по установленной мощности являются ГАЭС Ладдингтон (1800 МВт), Рэккун-Маунтин (1600 МВт) и др. (США) [2].

Зарубежный опыт эксплуатации ГАЭС показал несомненную актуальность использования ГАЭС в энергосистемах России, особенно в европейской части. В настоящее время в нашей стране эксплуатируются две ГАЭС: Кубанская (15,9 МВт) и Загорская (1200 МВт).

Работа ГАЭС заключается в чередовании двух режимов: потребления энергии, или заряда (насосный режим работы ГАЭС), и выработки электроэнергии, или разряда (генераторный или турбинный режим работы ГАЭС). Заряд ГАЭС осуществляется во время снижения электропотребления, как правило, ночью, а в отдельных случаях — в период

дневного провала нагрузок. При разряде ГАЭС, происходящем в часы максимальной нагрузки, а также при аварии на других станциях или электрических сетях энергосистемы, осуществляется работа ГАЭС в турбинном (генераторном) режиме. Высокая маневренность ГАЭС определяется малым временем включения в работу, набора и сброса нагрузки. Пуск обратимых агрегатов ГАЭС из холодного состояния в турбинном режиме с набором полной нагрузки составляет 2–3 минуты, в насосном режиме – 5-6 минут.

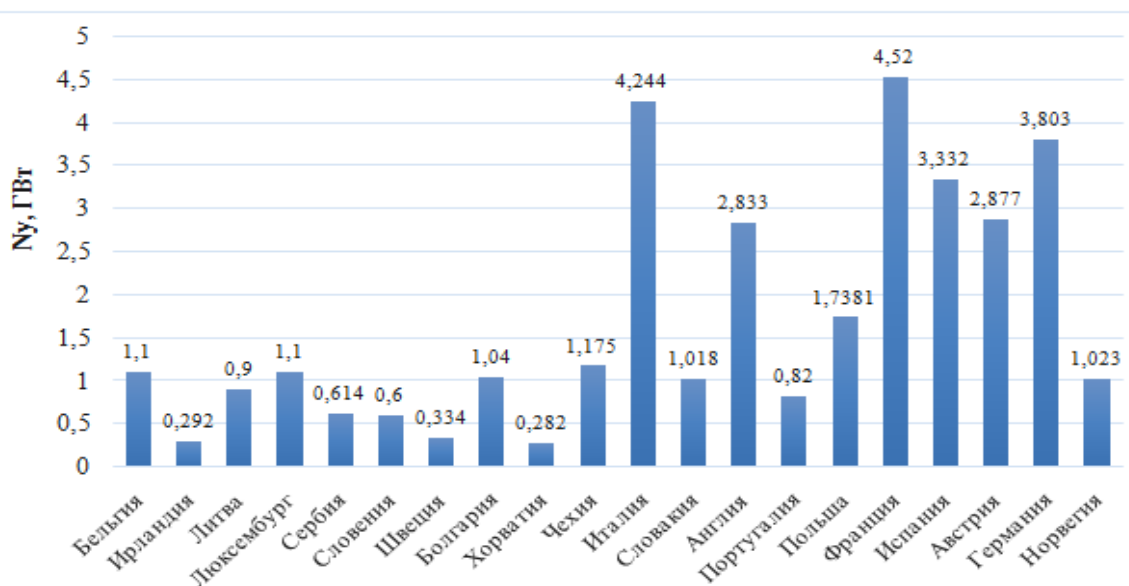


Рис. 1. Мощность ГАЭС стран Европы

Графики потребления электроэнергии современных энергообъединений отличаются высокой степенью неравномерности, что создает трудности как с покрытием пиков, так и, в еще большей степени, с прохождением ночных провалов суточных графиков электрической нагрузки. Особенно актуальной является эта проблема для энергосистем европейской части России, где преобладают низкоманевренные блоки тепловых электростанций (ТЭС), теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и атомные электростанции (АЭС). В этой ситуации ГАЭС обладают максимальными маневренными преимуществами. Суточный график работы энергообъединения с участием ГАЭС приведен на рис. 2.

Гидроаккумулятивное находит все более широкое применение в энергетических комплексах, состоящих из крупных ТЭС или АЭС и ГАЭС. Такое сочетание генерирующих мощностей обеспечивает базовый характер работы тепловых и атомных электростанций, оптимизирует их технико-экономические показатели и создает условия для обеспечения экологической безопасности [3,6].

По обеспечению системной надежности можно выделить следующую классификацию режимов работы ГАЭС:

- регулирование и изменение нагрузки по заданному графику – насосный (НР) и турбинный (ТР) режимы, автоматическое регулирование частоты и мощности (АРЧМ). Данные режимы характерны для штатных условий работы энергосистемы;
- резервирование мощности (вращающийся (ВР) и невращающийся (НВР) резервы) характерно для аварийных или нештатных условий работы энергосистемы;
- поддержание напряжения за счет регулирования реактивной мощности в режиме синхронного компенсатора (СК).

Таким образом, в современной энергетике ГАЭС превращается в многофункциональный источник оказания системных услуг, способствующих не только оптимизации суточного графика нагрузок, но и повышению надежности и качества электроснабжения [4,6].

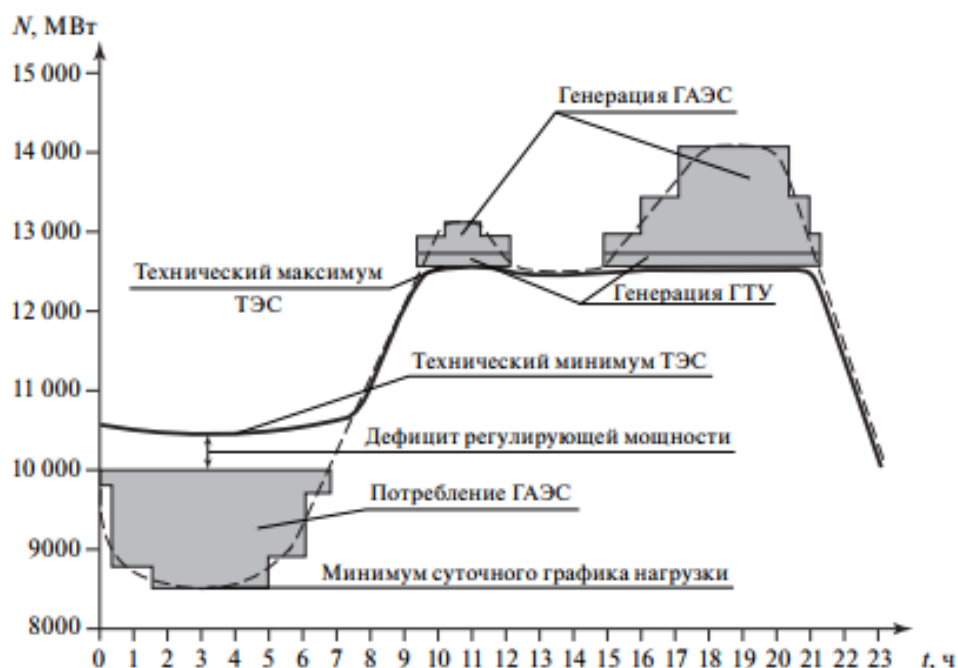


Рис. 2. Суточный график работы энергообъединения и участие ГАЭС

Для системного оператора ГАЭС может стать своеобразной помощью, так как гидроаккумулирующие станции способны резервировать не только генерацию, но и нагрузку, обеспечивая переход на другой режим работы в течение нескольких минут. Следовательно, ГАЭС поддерживают надежность всей энергосистемы и должны использоваться рынком как наиболее технологически приемлемый и эффективный инструмент регулирования и как аварийный резерв мощности в случае нарушения целостности ЕЭС [4-7].

ГАЭС выполняют функции регулирования в энергосистеме в самом широком значении с максимальным использованием их преимуществ быстродействия и высокой готовности к пуску. Поэтому они эксплуатируются в различных режимах с многократными пусками и остановками в течение суток, в качестве маневренной мощности при входе и выходе из пиков, компенсатора реактивной мощности, средства заполнения ночных провалов, аварийного и частотного резерва [5].

Выводы. Анализ работы ГАЭС в энергосистеме показал, что гидроаккумулирующие станции оказывают положительное влияние на работу энергосистемы. Многообразие режимов работы, а также высокая маневренность данного типа станций обеспечивает выполнение различных функций:

1. Потребление избыточной электроэнергии, вырабатываемой ТЭС и АЭС в часы ночных провалов нагрузок, и обеспечение условий для их оптимальной работы.
2. Выработка электроэнергии для покрытия полупиковой и пиковой зоны графика нагрузки.
3. Работа в режиме синхронного компенсатора.
4. Оперативное регулирование мощности и поддержание нормируемой частоты тока и напряжения в энергосистеме.
5. Краткосрочный или среднесрочный аварийный резерв мощности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Родионов В.Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. М.: ЭНАС, 2010. 352 с.
2. 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.
3. Elistratov V.V., Kudryasheva I.G., Miroshnikova Y.A. Enumeration of system efficiency into tariff of renewable energy objects /Applied mechanics and materials. 2014. Т. 680. С. 517-523.
4. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г., Мирошникова Ю.А. Выбор режимных параметров ГАЭС с учетом особенностей их работы в энергосистеме / Гидротехническое строительство. 2014. № 11. С. 22-27.
5. Электронный ресурс: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/section-2/2-8>. Дата обращения: 10.10.2017.
6. Кудряшева И.Г., Мирошникова Ю.А. Обоснование тарифа гидроаккумулирующих станций с учетом их системной эффективности / Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2014. № 11 (151). С. 125-130.
7. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г., Мирошникова Ю.А. Обоснование режимов ГАЭС в современных экономических условиях / Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2013. № 183-1. С. 120-127.

УДК 621.31

О.А. Мрязева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ СОСТАВА И ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СЕТЕВЫХ ВЭУ

В настоящее время во всем мире происходит активное развитие такой отрасли возобновляемой энергетики, как ветроэнергетика. Она заняла важное место в числе других генерирующих отраслей во многих странах мира, в том числе и в Европе. Совокупная мощность ветроэлектростанций (ВЭС) на 2016 г. составила 153,7 ГВт. Ветроэнергетика находится на первом месте в ЕС по размерам чистого прироста генерирующих мощностей. По последним данным Европейской ассоциации ветроэнергетики Wind Europe [2] ежегодные объемы ввода в эксплуатацию ветровых электростанций за последние 10 лет в среднем составляет 12,6 ГВт (более 50 ГВт за 4 года). При этом 2017 г. будет рекордным – 14 ГВт. Установленная мощность европейской ветроэнергетики к 2020 г. планирует превысить 200 ГВт. Доля Европы в глобальном приросте ветроэнергетических мощностей (2017-2020 гг.) составит 22%. За пределами ЕС, первое место в мире по установленной мощности занимает Китай – более 150 ГВт, далее следует США – более 75 и Индия – 32 ГВт.

В России развитие возобновляемой энергетики идет сравнительно медленно, и доля ВЭС пока незначительна. По итогам 2016 года доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в совокупной установленной мощности составила только 1%, из которых 0,6% приходится на биоэнергетику, 0,3% – малые гидроэлектростанции, 0,1% – ветряная, солнечная и геотермальная электроэнергетика [3]. Поэтому для активного развития ВИЭ на территории России был принят ряд правительственных распоряжений. С полным перечнем механизмов для поддержки ВИЭ в России можно ознакомиться в [1]. Первым шагом в развитии ветроэнергетики можно считать введение в эксплуатацию ВЭС в Ульяновской области мощностью 35 МВт совместно с Fortum (Финляндия) в первом квартале 2018 г.

В настоящее время разработан широкий спектр ветроустановок с различными технико-экономическими параметрами [1], который совершенствуется с каждым годом. Значительные изменения с течением времени перетерпели компоновочные решения по размещению оборудования в гондоле. Ветроэнергетические установки могут быть как редукторными, так и безредукторными. В безредукторной схеме [3] уменьшается количество вращающихся

частей и исключается редуктор, что уменьшает механические потери и повышает эффективность всей конструкции. При этом также снижаются затраты на обслуживание, поскольку число изнашивающихся деталей уменьшается и не требуется замена трансмиссионного масла и т.д. Ступица ветроколеса и ротор синхронного генератора непосредственно соединены между собой, что формирует один консолидированный блок. В отличие от обычных редукторных систем с большим количеством опорных точек, в движущемся приводе в прямой системе привода используют как правило только два подшипника качения. Поэтому все большее распространение получают именно безредукторные схемы соединения ветроколеса и генератора.

Широкое применение получили ВЭУ мегаваттного класса с горизонтальным расположением оси ветроколеса с тремя неподвижными или поворотными лопастями. Наиболее перспективными ВЭУ безредукторного типа для сетевых ВЭС являются установки мощностью 2,0-5,0 МВт.

В состав электроэнергетического оборудования ВЭУ фирмы ENERCON мощностью 3 МВт (рис. 1) входят следующие элементы: синхронный генератор и система управления (СУ).

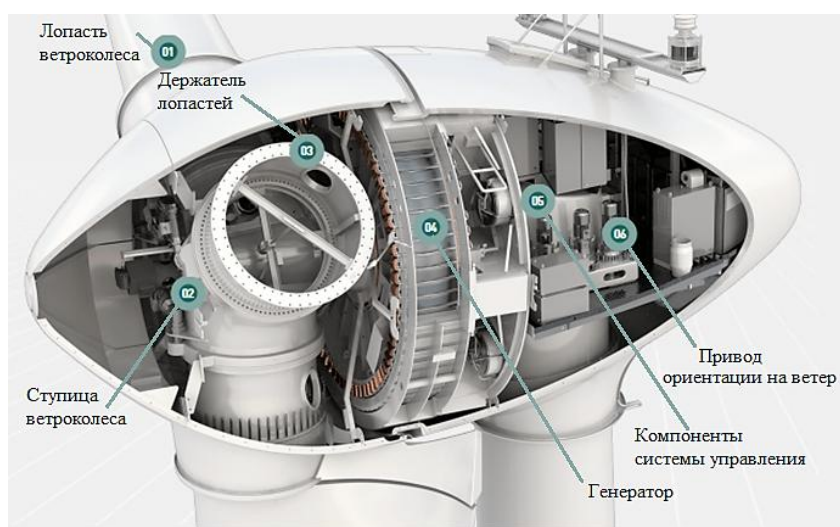


Рис. 1. Конструкция ВЭУ мощностью 3 МВт компании ENERCON

Одним из ключевых компонентов безредукторного ветрогенератора является синхронный генератор. В отличие от традиционных высокооборотных генераторов, синхронные генераторы ВЭУ данного типа, низкооборотные с большим числом полюсов, подвержены меньшему механическому износу, что делает их подходящими для случая высоких нагрузок и обеспечивает более продолжительный срок службы. Обмотка статора генератора не соединена напрямую с сетью. Выходное напряжение и его частота изменяются в зависимости от скорости ветроколеса, но в сеть выдается электроэнергия необходимого напряжения и частоты, посредством преобразования напряжения в звене постоянного тока (рис. 2). В результате использования такой схемы соединения кривая мощности имеет широкую зону с высоким коэффициентом использования энергии ветра – КИЭВ (рис. 3).

Синхронные генераторы ВЭУ могут иметь один из двух типов возбуждения: от обмотки возбуждения или от постоянных магнитов.

Непрерывная обмотка возбуждения выполнена по однослойной корзиночной конструкции, в которой отдельные, покрытые лаком, провода круглого сечения собираются вместе.

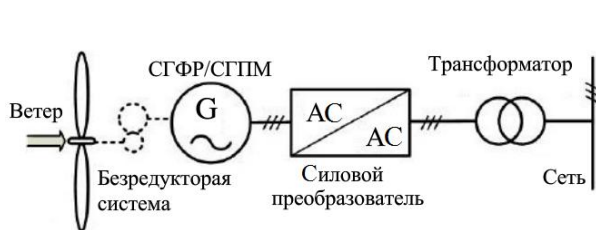


Рис. 2. Основные компоненты в СУ ВЭУ

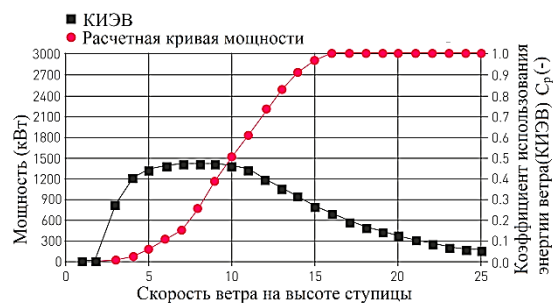


Рис. 3. Расчетная кривая мощности ВЭУ (3 МВт)

В случае с синхронным генератором на постоянных магнитах [5] может быть достигнута более высокая плотность энергии магнитного поля, что дает возможность увеличить крутящий момент генератора. В частности, это приводит к уменьшению диаметра генератора и его относительно малой массе. В генераторах с постоянными магнитами используется система естественного охлаждения.

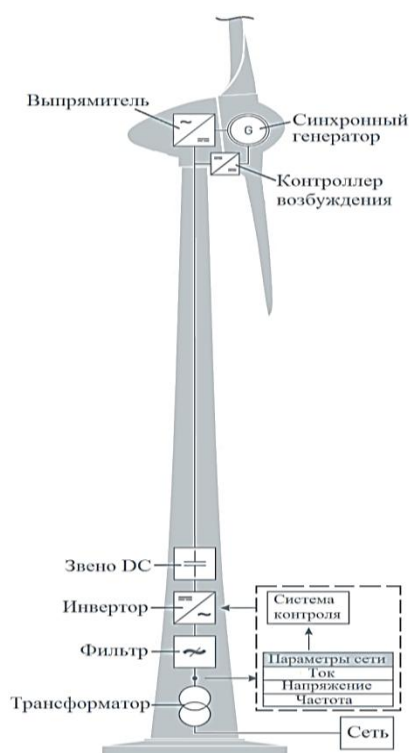


Рис. 4. Система управления ВЭУ

При любом виде нагрузки КПД такого генератора достаточно велик (до 97%). Для статора используют стержневую обмотку, которая обеспечивает высокий коэффициент заполнения паза. Оптимальное использование пазовой области, позволяет применять медные стержни с достаточно большим поперечным сечением. Это обеспечивает малые потери при протекании токов через катушки и упрощает систему охлаждения. В конструкции ротора постоянные магниты зачастую заключены в капсулы для защиты от окружающей среды.

Другой важной составляющей электро-энергетического оборудования ВЭУ является система управления (СУ). Основной задачей СУ ВЭУ [4] является передача электроэнергии в сеть с заданными параметрами, а также обеспечение надежной и непрерывной работы ВЭУ. Система управления электрической сети установки состоит из выпрямителя, звена постоянного тока, инвертора и фильтра (рис. 4). С целью проверки качества выдаваемой в сеть электроэнергии производится постоянный контроль параметров (частоты, напряжения, тока). В зависимости от сети, система управления может выдавать напряжение частотой 50 или 60 Гц.

Выводы.

1. В настоящее время происходит активное развитие технологий ветроэнергетики. Установленная мощность ВЭУ в мире на начало 2017 г. составила около 478 ГВт.
2. Для увеличения установленной мощности ВЭУ осуществляется разработка и проектирование новых электрических машин мегаваттного класса. Самые распространенные среди них – ВЭУ с синхронными генераторами безредукторного типа с постоянными магнитами или традиционной обмоткой возбуждения.
3. Наиболее перспективно производство ВЭУ с конструкцией ротора на постоянных магнитах, имеющими имеет ряд преимуществ: меньший диаметр ротора, меньший вес и габариты конструкции гондолы, высокий КПД.

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. В.В. Елистратова.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 424с.
2. GISprofi. Развитие ветроэнергетики в Европе до 2030 года [Электронный ресурс]: GISprofi. – Электрон. текстовые дан. – Россия: 27.09.2017. – Режим доступа: <https://gisprofi.com/>, свободный.
3. TADVISER. Альтернативная энергетика [Электронный ресурс]: Альтернативная энергетика. Россия и мир / TADVISER. – Электрон. текстовые дан. – Россия: 28.09.2017. – Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php/>.
4. ENERCON. Technology and Service [Электронный ресурс]: ENERCON wind energy converters / ENERCON GmbH. – Электрон. текстовые дан. – Германия: 09.2016. – Режим доступа: <https://www.enercon.de/>.
5. Lagerwey [Электронный ресурс]: L100 2.5MW / Lagerwey. – Электрон. текстовые дан. – Нидерланды: 2015. – Режим доступа: <http://www.lagerweywind.nl/>.

УДК 621.311

Р.И. Газизов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И МОНТАЖА ВЭС НА О. КОТЛИН

Цель работы – обзор и анализ логистических и технологических схем доставки и монтажа ветроэлектрических установок мегаваттного класса мощности на о. Котлин.

Актуальность работы определяется сложными и стеснёнными топографическими и инфраструктурными условиями проектируемой ВЭС на о. Котлин и комплексе защитных сооружений.

Транспортировка узлов и компонентов ВЭУ – мероприятие, занимающее 4–8 % от стоимости проекта. Для транспортировки узлов ВЭУ был выбран морской путь, так как Ленинградская область имеет морское сообщение с европейскими странами. Наличие многофункционального порта в точке отправления и в точке прибытия, наличие дорог, по которым будет следовать транспорт, способный перевезти лопасть, длина которой больше 50 м, а также элемент башни длиной примерно 15-20 м и весом 10-17 т. Именно эти факторы являются основными для рассмотрения.

Необходимо проанализировать возможности портов Ленинградской области, способных принять основные узлы и компоненты ВЭУ. В городе Кронштадт имеется паромноперегрузочный комплекс ООО «МОБИ ДИК», расположенный по адресу: 197760, Россия, Санкт-Петербург, Кронштадт, территория предприятия «Морской портовый комплекс», а/я 362, оснащенный причальным перегружателем грузоподъемностью 50 т и портовым краном грузоподъемностью 150 т. В городе Ломоносов имеется многофункциональный морской перегрузочный комплекс «Бронка», расположенный по адресу 198412, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Ломоносов, Краснофлотское шоссе, 49; GPS: 59°55'49.0"N 29°40'58.9"E, оснащенный причальным перегружателем Post Panamax Liebherr грузоподъемностью 65 т и портовым мобильным краном LHM-800 Liebherr грузоподъемностью 302 т. Собрав и проанализировав информацию о современных европейских производителях ВЭУ, располагающих портами, можно сделать вывод о примерном списке потенциальных поставщиков ВЭУ для Котлинской ВЭС (табл. 1).

Для более точного анализа транспортного и строительного процессов была выбрана площадка для возведения ВЭС – коса на о. Котлин с координатами 60.026477, 29.7466893. Запроектирована ВЭС с суммарной мощностью 6 МВт, три установки по 2 МВт каждая. В качестве ВЭУ будет использоваться Vestas V90-2MW со стальной башней длиной 80 м и длиной лопасти 44 м.

Основные поставщики ВЭУ

Местонахождение порта	Компания – изготовитель ВЭУ	Расстояние до Кронштадта, км
Швеция, Гётеборг N 57° 42' E 011° 54'	Vestas Wind Systems	~1600
Дания, Копенгаген N 55° 42' E 012° 37'	Vestas Wind Systems	~1300
Дания, Фредерисия N 55° 33' E 009° 45'	Vestas Wind Systems	~1700
Германия, Гамбург N 53° 50' E 009° 96'	Enercon GmbH Siemens AG	~1700
Германия, Киль N 54° 22' E 010° 11'	Enercon GmbH Siemens AG	~1500

Рассмотрены два варианта доставки элементов на форт. Первый вариант: выгрузка компонентов в порту «МОБИ ДИК» сразу на большегрузные автомобили с прицепом и последующая доставка на форт вместе с кранами высотой стрелы больше 80 м. На 129-м километре КАДа необходимо произвести некоторые демонтажные и строительные работы для проезда транспорта на территорию косы (рис. 1).

Для проезда транспорта на территорию объекта необходимо согласование с транспортными службами города и проведение расчетов для укладки временной дороги и демонтажа дорожных ограждений.

Второй вариант: доставка элементов ВЭУ сразу на форт с проведением на косе разгрузочных работ в три этапа. На каждом этапе будут выгружаться элементы одной ВЭУ, после чего судно передвигается на другое место и разгружается там, что позволяет минимизировать движение транспорта на территории косы. Схема разгрузки представлена на рис. 2.

Данный способ требует расчетов по уточнению глубины дна около косы. Возможно необходимо выполнить работы по углублению дна. Также необходимо подобрать разгрузочные краны: высоту стрелы, грузоподъемность.

Оба способа доставки основных узлов ВЭУ – это теоретические предложения решения проблемы, связанной с доставкой. Задачами дальнейших исследований является определение технико-экономических показателей обоих вариантов доставки и монтажа.



Рис. 1. Схема необходимых работ для доставки основных компонентов ВЭУ

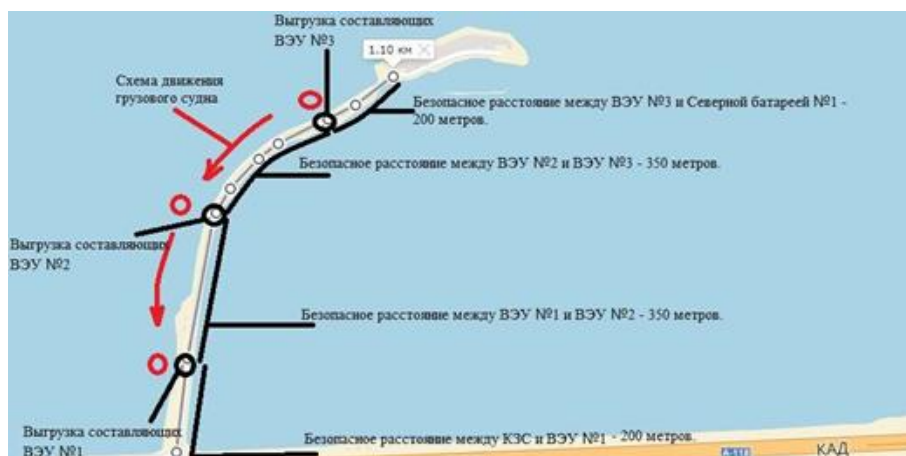


Рис. 2. Схема доставки и разгрузки элементов ВЭУ на объект строительства

В работе был произведен анализ компаний-изготовителей ВЭУ и грузовых портов для отправки и принятия узлов ВЭУ и предложена площадка – коса на о. Котлин. Разработаны две теоретических модели доставки и выгрузки ВЭУ на объект.

Выводы:

1. Финансовые затраты на логистические процессы составляют 4-8%.
2. Сложность работ по сооружению ВЭС в районе КЗС и о. Котлин обусловлены ограниченностью и труднодоступностью строительной площадки.
3. Условия доставки основных узлов ВЭУ требуют особого подхода с созданием временных дорог и использованием дорогостоящей спецтехники.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Новицкий Д.Е. Обоснование параметров ВЭС на о. Котлин с моделированием ветрового потока [Электронный ресурс]: бакалаврская работа: СПбПУ. 2016. Загл. с титул. экрана. – <URL:<http://elibrary.spbstu.ru/dl/2/v16-2828.pdf>>.
2. Попко В.В. Применение трехмерного параметрического моделирования в проектировании ветроэлектрической станции в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]: магистерская дисс.: СПбПУ; – Загл. с титул. – <URL:<http://elibrary.spbstu.ru/dl/2/v16-2840.pdf>>.
3. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб. Санкт-Петербургский политехн. ун-т. 2016.
4. Елистратов В.В., Панфилов А.А. Проектирование и эксплуатация установок нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ветроэлектрические установки: учебное пособие; СПбПУ. – Загл. с титул. экрана. <URL:<http://elibrary.spbstu.ru/dl/pwd/2516.pdf>>
5. Атов А.А. Обоснование параметров ВЭУ в условиях Ленинградской области [Электронный ресурс]: магистерская дисс. СПбПУ – Загл. с титул. экрана. – <URL:<http://elibrary.spbstu.ru/dl/2/v16-2834.pdf>>.

УДК 620

А.В. Дернакова

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

ОЦЕНКА ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ Р. ЯНЦЫ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Целью данной работы является анализ гидроэнергетических ресурсов р. Янцы, перспективы их использования. При проведении исследования использовались эмпирические (изучение литературы, документов и результатов эксплуатации ГЭС) и теоретические методы (анализ, обобщение, идеализация, математическое моделирование).

Китайская народная республика (КНР) является самой многонаселенной страной в мире, но энергетическая эффективность страны низка, а рост производства усиливается с каждым годом. Суммарное потребление первичной энергии в КНР составляет около 3 млрд. т н.э [1]. В структуре энергопотребления Китая доминирует уголь (около 2 млрд. т н.э.), при этом его потребление с 1990 г. возросло в 4 раза (рис. 1). С 1990-х г. заметен рост использования возобновляемых источников энергии, в основном, увеличилось использование гидроэнергетических ресурсов в 2 раза [1].

Общее производство электроэнергии составляет около 5350 ТВт·ч. Технический гидроэнергетический потенциал КНР оценивается в 2500 ТВт·ч. Производство электроэнергии на ГЭС перед вводом ГЭС «Три ущелья» уже составило 680 ТВт·ч (2008 г.). Как следует из этих оценок, для дальнейшего развития гидроэнергетики имеются неиспользуемые гидроресурсы, социальная и экологическая необходимость.

При сжигании угля в атмосферу выбрасывается огромное количество загрязняющих веществ, происходит увеличение парниковых газов в атмосфере. Дальнейшее увеличение его использования для производства электроэнергии нуждается в дополнительном обосновании, поскольку противоречит общемировой стратегии по сокращению выбросов углекислого газа в атмосферу [1, 2]. Почти половина запасов угля КНР расположена на севере страны, таким образом, восточные и южные районы испытывают недостаток электроэнергии. На западе и юго-западе страны сосредоточены основные гидроресурсы, которые в перспективе могут быть использованы для производства электроэнергии с целью оптимального регулирования цены электроэнергии, загрузки энергосетей, обеспечения возможного баланса потребления, снижению выбросов парниковых газов в атмосферу [3].

Янцзы – третья река в мире по полноводности и по длине. Длина р. Янцзы около 6300 км, площадь бассейна – 1808,5 тыс. км², это почти 25% площади КНР, население порядка 32,5 млн. чел. Верхнее течение Янцзы относится к горной области восточной части Тибетского нагорья. Перепад от истока реки в горах до устья, впадающего в Восточно-Китайское море, составляет 5 тыс. м. В пределах верхнего течения река образует глубокие каньоны и ущелья: крупнейшие из них расположены в пределах Сино-Тибетских гор и Ушанского прорыва, ущелья Санься («Три ущелья»).

Муссонный климат и горные источники питания реки (до 50% стока) определяют формирование на большей части бассейна дальневосточного типа внутригодового распределения стока воды с половодьем в тёплую часть года. Сток реки измерялся в течение 64 лет (1923-1986 гг.) в г. Датун, расположенном примерно в 511 км от её устья в Восточно-Китайском море. Расход реки в г. Датун равен 28838 м³/с, а выше по течению, в 1,9 тыс. км от устья, в г. Ичан средний расход воды равен 14320 м³/с. Наибольший среднемесячный расход воды зафиксирован в августе исключительно многоводного 1954 г. (84,2 тыс. м³/с). Средний годовой сток воды реки Янцзы в низовьях – 905 км³/год.

Река Янцзы вместе со своими водами несет огромное количество наносов. Суммарный вынос материала за счёт действия эрозии почв в пределах бассейна верхней Янцзы – 1560 млн. т в год. Основной причиной эрозии являются обрабатываемые земли на склонах русла реки. Среднее многолетнее значение годового стока взвешенных наносов у г. Ичан – 500 млн. т. Естественные характеристики стока воды и наносов в последние десятилетия существенно меняются в результате выполнения программы комплексного использования водных ресурсов. Для борьбы с наводнениями, выработки электроэнергии и транспортных целей активно создаются водохранилища. Всего в бассейне р. Янцзы около 50 тыс. водохранилищ разного размера с суммарным объёмом 170 км³.

Каскад ГЭС на р. Янцзы начал свое существование с Гэджоуской бетонной водосбросной плотины, строительство которой началось в 1970 г. и завершилось зимой 1988 г. С помощью данной плотины в 1980-х годах удалось покрыть годовой рост потребления электроэнергии.

ГЭС Гэджоуба не смогла предотвратить все наводнения, поэтому, несмотря на то, что при строительстве новой ГЭС необходимо было бы переселить около 1,2 млн. чел., правительство Китая разрешило строительство ГЭС «Три ущелья» в 1992 г.

ГЭС «Три ущелья» является первой по мощности (22,5 ГВт) и выработке электроэнергии (100 ТВт·ч) в мире. При создании водохранилища было затоплено 27820 га обрабатываемых земель. Годовая выработка электроэнергии данной ГЭС достигнута в 2012 г. при установке последнего радиально-осевого гидроагрегата мощностью 700 МВт (рис. 2).

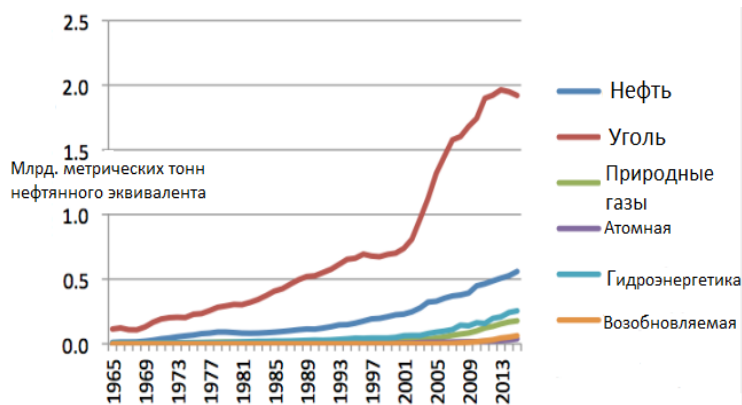


Рис. 1. Энергопотребление топлива в Китае



Рис. 2. Ввод гидроагрегатов и выработка электроэнергии ГЭС Три ущелья

ГЭС Гэджоу после строительства ГЭС «Три ущелья», находящейся на расстоянии 37,5 км вверх по течению стала выполнять контррегулирующие функции, позволяющие снизить ограничения по режиму работы [4].

В 1981-1989 гг. суммарная аккумуляция наносов в водохранилище ГЭС Гэчжоуба составила 140 млн. т. После строительства водохранилища «Три ущелья», которое перехватывает до 5,8 млн. т наносов (это более половины наносов, влекомых стоком реки), годовой сток наносов р. Янцзы в 2003-2006 гг. сократился на 59% [5, 6].

Наносы, переносимые рекой, являются большой проблемой при строительстве ГЭС. Поэтому планируется строительство плотин выше по течению от ГЭС «Три ущелья». Водоохранилища данного каскада будут удерживать наносы реки, уменьшая их поступление вниз по течению [4]. При этом при проектировании ГЭС учитывается, что реки, находящиеся на данной территории, влекут за собой большое количество наносов. Например, поток с большим количеством наносов пропускают через тело плотины (рис. 3) [7].

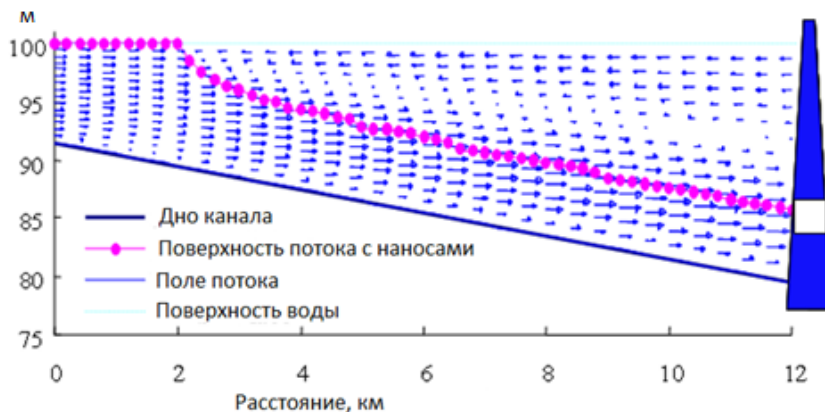


Рис. 3. Движение потока с наносами, подходящего к отверстию ГЭС

На данный момент в Китай экспортируется электроэнергия из России. Но при завершении строительства каскада ГЭС на р. Янцзы потребность в покупке электроэнергии уменьшится.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сидоров А.А. Энергетика Китая: современное состояние и перспективы / Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2015. т. 2. № 11. с. 273-277.
2. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии: учебное пособие. СПб, Изд-во Политехн. ун-та. 2008. 225 с.
3. Селецкис Я.Ю. Энергетическая стратегия Китая // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: экономика. 2008. № 1. С. 79-91.
4. Proenergo.net ГЭС «Санься» («Три ущелья») или Великая Китайская стена на реке Янцзы [Электронный ресурс] http://www.proenergo.net/p/blog-page_41.html (дата последнего обращения 08.10.2017).
5. Чалов Р.С., Еань Чжао, Волкова Т.И. и др. Влияние гидроузлов на русловые процессы в нижнем течении рек Хуанхэ и Янцзы / Вестник московского университета. Серия 5: география. 2015. № 5. с. 67-75.
6. Chen Lei. Sediment management in the Three Gorges reservoir / Hydropower&Dams. 2008. is.6. p. 115-123.
7. Guo Qingchao. Reservoir sedimentation and its simulation / World Hydropower Congress, Workshop on State-of-the-art Sediment management practices. 2017. P. 28.

УДК 697.7

А.И. Москалюк

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ БЫТОВЫХ НУЖД И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель работы – проанализировать современный рынок тепловых насосов, выявить тенденции развития данной технологии и определить эффективность применения в условиях Ленинградской области.

Задачи: сбор актуальной информации о данной технологии, упрощенный расчет финансовых затрат на все актуальные виды отопления для дома в Ленинградской области, оценка экономической эффективности использования системы тепловых насосов в заданном регионе.

Несмотря на увеличение доли использования возобновляемых источников энергии, основным видом топлива остается органическое. В такой ситуации при современном росте потребления тепловой энергии экологическая обстановка будет значительно ухудшаться [1]. Использование тепловых насосов, позволяет частично вытеснить органическое топливо и обеспечить теплоснабжение с минимальными затратами энергии.

Тепловой насос (ТН) – экологически чистая установка, позволяющая получать тепловую энергию для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения индивидуальных, жилых, общественных и производственных зданий, за счет использования низкопотенциальных источников энергии и переноса его к теплоносителю с более высокой температурой. В качестве низкопотенциальных источников энергии могут использоваться наружный воздух, грунтовые и открытые воды, тепло грунта, сточные воды, вентиляционные выбросы и т.п. Теоретически, общая тепловая мощность теплового насоса равна теплу, извлекаемому из источника, плюс количество энергии, затрачиваемой на работу компрессора.

За рубежом теплонасосная техника находит широкое применение для целей теплоснабжения жилых и офисных зданий более 30 лет. Толчком для ее массового применения стал энергетический кризис 1970-х годов. В 2009 г. в мире количество тепловых насосов, использующих тепло грунта, превысило 2,8 млн шт., их суммарная установленная тепловая мощность составила 35 ГВт, а ежегодное производство тепловой энергии – 214 тыс. ТДж. Лидерами по установке ТНУ данного типа стали США и Швеция, большое количество их эксплуатируется в Японии, Германии, Швейцарии. В последние годы ТНУ начали активно внедряться в Китае. Широкому распространению ТНУ во многих странах способствуют рост цен на энергию, а также законодательство по энергоэффективности, экологическое законодательство, требования по снижению выбросов парниковых газов. Но главным является то, что рынки ТНУ за рубежом формируются, как правило, при поддержке государства. Компании, предлагающие экологически чистые установки, пользуются налоговыми льготами, а домовладельцы, приобретающие такое оборудование, получают дотации, субсидии, льготные кредиты.

По данным электронного журнала энергосервисной компании «Экологические системы» (Москва) в мире работает свыше 10 млн. теплонасосов различной мощности: от нескольких киловатт до сотен мегаватт [2]. Так, в США около 30% административных и жилых зданий оборудованы теплонасосами. В Швеции только за три года, было введено в эксплуатацию 74 крупные (от 5 до 80 МВт) теплонасосные станции. К примеру, Стокгольмская теплонасосная станция, используя тепло воды Балтийского моря, производит 320 тыс. кВт тепловой энергии, себестоимость которой на 20% ниже, чем у газовой котельной. По прогнозу Мирового Энергетического Совета (МИРЭС), к 2020 г. в передовых странах доля отопления и горячего водоснабжения от тепловых насосов составит не менее 75% [3].

В настоящий момент российский рынок ТН развит слабо и ждет государственной поддержки. Планы развития экономики страны вселяют надежды на реализацию таких ожиданий. Сейчас началось осуществление государственных программ по строительству доступного жилья со значительными инвестициями. Масштаб начавшегося строительства очень велик, затрагивает все регионы страны и предполагает внедрение энергоэффективных технологий, в том числе ТН. Планируется направить около \$870 млрд. на реализацию государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики» до 2020 г. В рамках этой программы построено около 45 энергоэффективных домов, оснащенных геотермальными тепловыми насосами, во всех федеральных округах РФ. Экономия энергии в этих домах по сравнению с традиционным домом составляет 25-55% [4], а срок окупаемости разницы между средствами, затраченными на строительство энергоэффективного и обычного дома, 5-12 лет.

Для оценки экономической эффективности применения ТН для условий Ленинградской области был произведен расчет капитальных и эксплуатационных затрат на двадцатилетний период использования для различных систем отопления. Для сравнения использовались системы отопления, использующие в качестве источника тепла следующие ресурсы: сжиженный газ, магистральный природный газ, дизельное топливо, древесные пеллеты и электричество. Для расчета был взят дом площадью 170 м² с суммарным расходом тепловой энергии на отопление здания за отопительный период равным 35000 кВт·ч. Расчёты не учитывают рост тарифов. Коэффициент преобразования теплоты (COP) для Ленинградской области принимается равным 3,4 [5]. Расчеты представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Самым дешевым видом отопления является газовый котел на магистральном газе. ТН является вторым по экономичности, однако затраты в два раза больше, чем у газа. Пеллетный котел оказался по затратам схож с ТН. Все остальные способы заметно дороже теплового насоса. Таким образом, отопление с помощью магистрального газа оказалось самым дешевым, однако специфика Ленинградской области такова, что газифицировано лишь 65% области [6], а автономность отопительного оборудования играет существенную роль. Кроме того, ТН

способен еще и охлаждать температуру в здании, работая в режиме кондиционера. Следовательно, нет необходимости закупать дорогостоящее оборудование и регулярно платить за эксплуатацию. Учитывая эти особенности, разница между газом и ТН становится совсем не значительной, таким образом, использование ТН в качестве системы отопления в Ленинградской области является экономически выгодным решением.

Таблица 1

Сравнение затрат на отопление здания различными отопительными агрегатами

Вид отопительного агрегата	Теплотворная способность топлива, кВт*ч на ед.	КПД отопительного агрегата	Затраченное количество за отопительный период		Стоимость единицы топлива за 2017 год, руб	Стоимость за отопительный период, тыс. руб	Средняя рыночная стоимость основного оборудования, тыс. руб.	Суммарная стоимость за 20 лет, тыс. руб
Тепловой насос	-	3,4	кВт*ч	10294	2,8	28,8	1100	1676
Тепловой насос*	-	3,4	кВт*ч	10294	3,9	39,9	1100	1899
Газовый котел (сжиж. газ)	12,5	0,9	кг	2979	34,0	101,3	700	2726
Газовый котел (магистр. газ)	9,3	0,9	м³	4004	6,1	24,4	410	898
Дизельный котел	11,9	0,9	л	3197	38,0	121,5	400	2830
Пеллетный котел	4,2	0,9	кг	9470	7,0	66,3	390	1716
Электродкотел	1,0	1,0	кВт*ч	35714	2,8	100,0	360	2360
Электродкотел*	1,0	1,0	кВт*ч	35714	3,9	138,6	350	3121

* – тариф для газифицированного здания

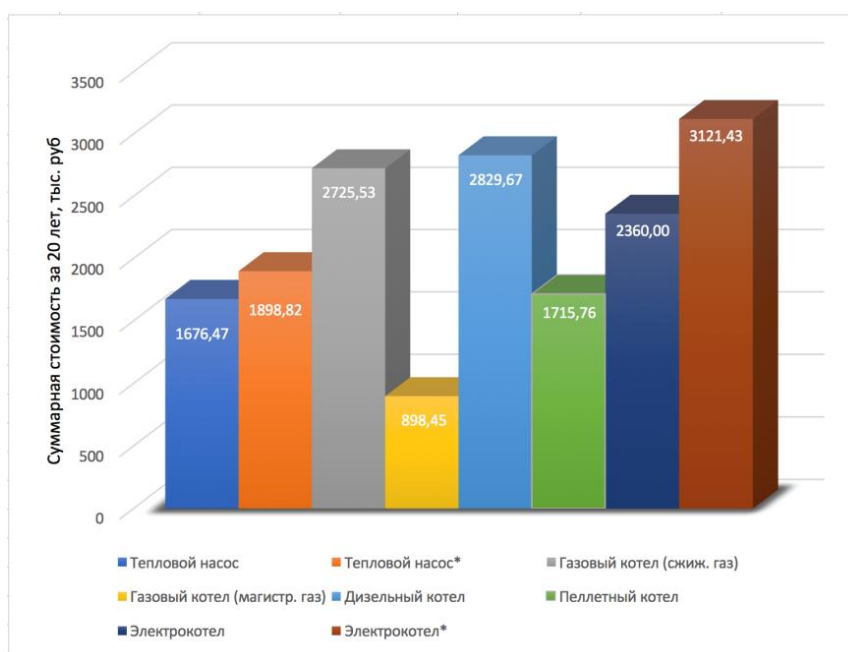


Рис. 1

Выводы. В результате проведенного анализа было установлено, что тепловой насос — это современная и высокотехнологичная установка для отопления или кондиционирования воздуха, хорошо зарекомендовавшая себя на мировом рынке. Выявленные тенденции свидетельствуют о том, что в мировой практике меняется стратегия теплоснабжения: происходит переход от традиционного сжигания органического топлива к использованию тепловых насосов для получения рассеянного или сбросного техногенного тепла. Проведенные расчеты показали, что данная технология в Ленинградской области является экономически эффективной.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 424 с.
2. Электронный журнал компании «Экологические системы» [Электронный ресурс]: Рынок тепловых насосов в Европе 2015 – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.dom.esco.agency> – (Дата обращения: 10.10.2017)
3. Официальный сайт «Российский национальный комитет МИРЭС» [Электронный ресурс]: Мировая энергетическая перспектива 2016 – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://world-energy.su> (Дата обращения: 12.10.2017)
4. Суслов А.В. Предварительная оценка коммерческого потенциала российского рынка воздушных тепловых насосов// Холодильная Техника. 2010. № 10
5. Горнов В.Ф., Лесков В.А., Шапкин П.В. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения и эффективность их применения в климатических условиях России. ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ». 2013.
6. Официальный сайт ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]: Утверждена пятилетняя программа развития газоснабжения и газификации Ленинградской области 2016 – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.gazprom.ru> – (Дата обращения: 14.10.2017)

УДК 626.01

П.К. Черновол
Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АНГАРСКОГО КАСКАДА ГЭС

Цель работы – анализ текущего состояния и перспективы развития Ангарского каскада в Восточной Сибири.

Энергопотенциал реки Ангары оценивается в 94 млрд. кВт·ч. Ангара вытекает из озера Байкал и впадает в реку Енисей. Длина реки 1850 км, разница уровней оз. Байкал и р. Енисей в устье Ангары 378 м, водосборный бассейн Ангары 1039000 км². Среднегодовой объем стока в устье 129 км³ в год или 4100 м³/с. Озеро Байкал является значительным естественным регулятором стока.

Ангара – одна из крупнейших рек РФ, на которой построены Иркутская, Братская, Усть-Илимская и Богучанская ГЭС, вырабатывая 65,3 млрд кВт·ч. В своем естественном состоянии река в значительной степени зарегулирована озером Байкал. Строительство гидроэлектростанции на ней в 60–70 годы XX века еще в большей степени зарегулировало сток. Это создало уникальную возможность использовать неосвоенное течение реки каскадом низконапорных гидроузлов, ведущих только суточное и недельное регулирование.

Ангарский каскад – крупнейший в РФ каскад ГЭС, который обеспечивает электроэнергией потребителей Сибири (рис. 1), в том числе такие крупные предприятия, как Братский алюминиевый завод, Братский и Усть-Илимский лесопромышленные комплексы, «Саянскхимпласт» и др. Строительство первой ГЭС каскада, Иркутской, началось в 1950 г.

В настоящее время в каскад входят четыре станции [1,2]:

- Иркутская (Иркутск, установленная мощность $N_y = 662$ МВт, введена в эксплуатацию в 1958 г.);
- Братская (Братск, Иркутская обл., $N_y = 4500$ МВт, введена в эксплуатацию в 1967 г.);
- Усть-Илимская (Усть-Илимск, Иркутская обл., $N_y = 3840$ МВт, введена в эксплуатацию в 1980 г.);
- Богучанская (Кодинск, Красноярский край, $N_y = 2997$ МВт, введена в эксплуатацию в 2014 г.).

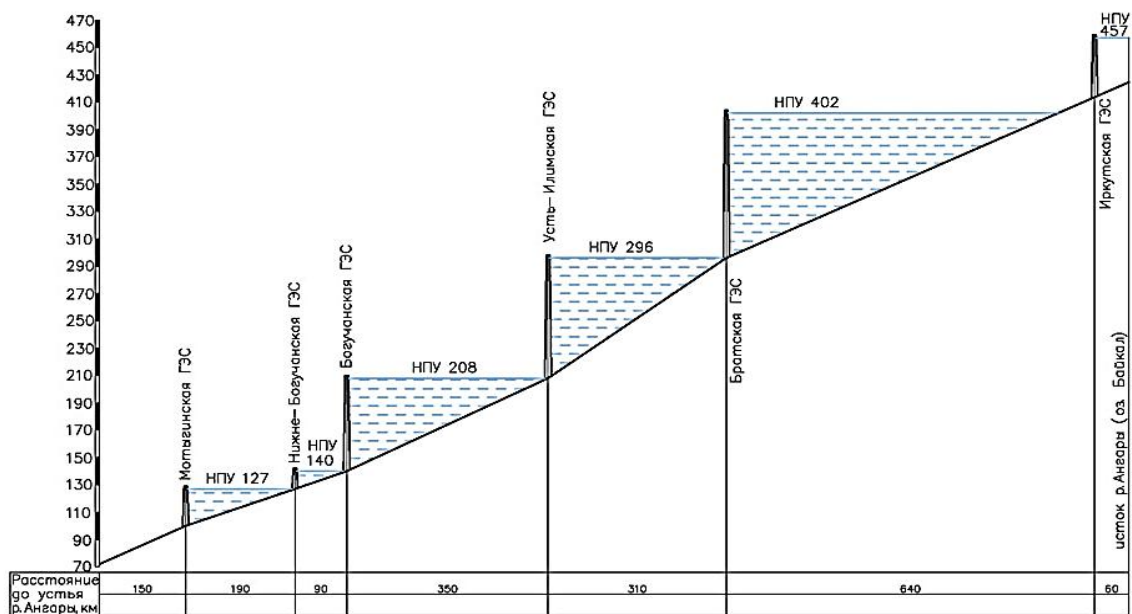


Рис. 1. Продольный профиль Ангарского каскада

В 1990 г. «Гидропроект» была разработана новая схема использования нижней Ангары в составе каскада из трех ГЭС: Стрелковской (1600 МВт), Выдумской (1320 МВт), Нижнеангарской (660 МВт). Но после распада страны дальнейшие разработки были приостановлены. Интерес к ГЭС на Нижней Ангаре вновь возник в конце 2000-х годов. В 2008 г. была одобрена «Генеральная схема развития объектов электроэнергетики до 2020 года», куда были включены две ГЭС на Нижней Ангаре из схемы 1990 г.: Нижне-Богучанская (бывшая Нижне-Ангарская) и Мотыгинская (бывшая Выдумская). По Мотыгинской ГЭС институт «Ленгидропроект» по заданию «РусГидро» разработал обоснование инвестиций (мощность станции была определена в 1082 МВт), была запущена процедура оценки воздействия на окружающую среду. Но кризис 2008 г. привел к остановке работ по этому проекту, и в настоящее время в инвестиционную программу «РусГидро» он не входит. В то же время, институт «Ленгидропроект» ведет исследования гидроэнергетического потенциала речного бассейна реки Ангара на участке от Богучанской ГЭС до устья. Итогом этой работы должен стать выбор створов и параметров перспективных ГЭС на Нижней Ангаре.

Компания «Евросибэнерго» планирует строительство Нижне-Ангарской ГЭС мощностью 600-1200 МВт, которая и является разработанным ранее проектом Мотыгинской ГЭС [3].

Использование гидроэнергетического потенциала Нижней Ангары является привлекательным, зарегулированность стока позволяет построить мощные и эффективные ГЭС на транзитном стоке при приемлемых площадях затопления, с общей выработкой электроэнергии, соответствующей выработке Богучанской ГЭС [4].

Требование водопользователей в районе водохранилища Мотыгинской ГЭС в нижнем бьефе, в основном, удовлетворяются за счет режимов работы выше расположенных гидроузлов.

1 июля 1992 г. указом президента РФ, Братская и Усть-Илимская ГЭС были приватизированы Иркутским акционерным обществом энергетики и электрификации (ныне – ОАО «Иркутскэнерго» в составе ПАО «Евросибэнерго») [5]. В настоящее время «Евросибэнерго» является крупнейшей частной электрогенерирующей компанией России (на ее долю приходится более 9% от установленной мощности всех электростанций страны). В госсобственности остались пять плотин трех ГЭС «Иркутскэнерго»: по две (левобережных и

правобережных) у Братской и Иркутской, одна – Усть-Илимской. При этом Богучанская ГЭС с момента запуска находилась в частной собственности.

В 2010 г. пять плотин Братской, Иркутской и Усть-Илимской ГЭС распоряжением правительства РФ были внесены в уставной капитал «РусГидро» в качестве оплаты дополнительно размещаемых акций компании.

В результате одобренной в октябре 2016 г. сделки все искусственные сооружения Иркутской, Братской и Усть-Илимской ГЭС (за исключением водохранилищ) перейдут в собственность «Евросибэнерго».

Выводы. Ввод в эксплуатацию Мотыгинской ГЭС обеспечит:

1. Энергоснабжение западного промышленного района Нижнего Приангарья, расположенного на территориях Енисейского, Мотыгинского, Северо-Енисейского районов Красноярского края и включающего в себя Енисейско-Лесосибирский лесопромышленный комплекс, Раздолинский и Северо-Енисейский горнопромышленные комплексы.

2. Электроэнергетическую безопасность ОЭС Сибири, Красноярского края и Нижнего Приангарья.

3. Энергобаланс на длительный период для устойчивого развития экономики региона и обеспечит режимный эффект в покрытии графика нагрузки ОЭС Сибири.

4. Дальнейшее промышленное развитие региона.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Каналеев В.Н. ООО «Геола». Мотыгинская ГЭС на р. Ангара. Обоснование инвестиций в строительство Мотыгинской ГЭС, 2009 г.
2. Бураков Д.А., Космакова В.Ф., Холод С. А. и др. Оценка воздействия Мотыгинской ГЭС на гидрологические характеристики р. Ангара, Красноярск, 2008 г.
3. Электронный ресурс:
http://www.rushydro.ru/file/main/global/company/invest/investprojects/6276.html/OVOS_MoGES_Kniga-1.pdf Дата обращения: 10.10.2017.
4. Елистратов В.В., Кудряшева И.Г. Развитие гидроэнергетики России в условиях формирования электроэнергетического рынка / Сб. тр. конф. Экономические механизмы инновационной экономики. 2009. С. 16-24.
5. Электронный ресурс: Федеральное государственное унитарное предприятие «Информационное телеграфное агентство России (ИТАР-ТАСС)», 11 октября 2016 г.

УДК 621.311.24

А.О. Алексеева

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ И РАБОТЫ АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ВИЭ ДЛЯ СЕВЕРНЫХ УСЛОВИЙ

Цель работы – анализ методов обеспечения надежной и эффективной работы энергокомплексов на основе возобновляемых источников энергии в северных условиях.

Для достижения поставленной цели в работе проведен обзор способов, позволяющих повысить эффективность ВДЭС, а также проанализированы методы, повышающие надежность энергокомплекса.

Северные территории в основном обеспечиваются электроэнергией, получаемой от дизельных электростанций (ДЭС). На севере России, например, работает более 900 автономных ДЭС мощностью около 1200 МВт, которые производят около 2,5 млн. кВт·ч энергии. В эти отдаленные регионы затратно привозить дорогостоящее топливо, себестоимость такой электроэнергии высока и может достигать 150 руб. за кВт·ч [1]. Однако

эти территории обладают высоким ветроэнергетическим потенциалом, вследствие чего целесообразно и эффективно сооружение ветродизельных электростанций (ВДЭС) [2]. Внедрение таких систем энергообеспечения имеет следующие преимущества [3]:

1. Уменьшение объемов дорогостоящего привозного топлива.
2. Повышение надежности энергоснабжения.
3. Снижение стоимости электроэнергии у конечного потребителя.
4. Повышение энергетической безопасности отдаленных регионов за счет повышения самообеспеченности локальными топливно-энергетическими и возобновляемыми ресурсами.
5. Снижение на 15-20% потерь энергии на транспортировку и распределение энергии за счет значительного сокращения расстояния между объектами производства и потребления электроэнергии.
6. Повышение экологической безопасности путем снижения объема вредных выбросов от ДЭС в окружающую среду.

Существуют три схемы использования ветровой энергии в составе ВДЭС: с низким, средним и высоким уровнями замещения дорогостоящей электроэнергии от ДЭС на энергию ветрового потока. В северных условиях чем выше доля замещения, тем эффективнее работа энергокомплекса. Особенности работы ВДЭС при высоком уровне замещения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Высокий уровень использования ветровой энергии в составе ВДЭС [4]

	Характеристика	Доля ВЭС	
		мощность	выработка
Высокий уровень замещения	ДЭС отключается при высоком уровне выработки ВЭС. Необходимо поддерживать уровни частоты и напряжения. Требуется интеллектуальная автоматизированная система управления (АСУ) большими нагрузками.	От 100% до 400%	От 50 до 150%

Для эффективного обеспечения потребителя электроэнергией также необходимо, чтобы в составе ВДЭС была предусмотрена система аккумулирования электроэнергии [4].

Для обеспечения надежности работы в условиях северного климата необходимо адаптировать основные элементы и оборудование ВДЭС к работе в сложных условиях, например, такими способами, как:

1. Основные элементы системы должны работать при температурах ниже -50°C . Для этого проводятся следующие мероприятия:
 - ветроколесо: защита лопастей ветроэнергетической установки от обледенения. В условиях низких температур на лопастях ВЭУ может образовываться иней и лед, что значительно усложнит работу установки и может стать причиной поломки. Лопастей ВЭУ должны иметь низкий коэффициент шероховатости, чтобы на них не цеплялась изморозь. Для решения этой проблемы устанавливают обогревающие элементы, используют морозостойкие материалы для создания лопастей. Также применяются притягивающие солнечную энергию покрытия черного цвета. При этом лопасти нагреваются, и наледь на них тает;
 - гондола: обогрев элементов оборудования и систем мониторинга и управления, применение морозостойких материалов;
 - башня: применение морозостойких материалов, бескрановый монтаж. В северные регионы сложно доставить краны с высоким вылетом, также его сложно смонтировать. Решения по монтажу – использование гидроцилиндров, с помощью которых установка

поднимается за 10-15 минут, ручных и электрических лебедок и телескопических секций башни, поднимаемых с помощью лебедок, и др.;

– основание: применение специальных типов фундаментов и технологий создания.

2. Наличие интеллектуальной автоматизированной системы управления. Необходима опция контроля работы агрегата при низких температурах, возможность его отключения при налипании снега на лопасть и появления дисбаланса.

Одним из примеров внедрения таких методов является ВДЭС в п. Амдерма Ненецкого автономного округа. На рис. 1 показан процесс бескранового монтажа ветроустановки.

Предлагаемые мероприятия по адаптации ВДЭС к северным условиям приводят к увеличению стоимости объекта, но с другой стороны увеличивается эксплуатационный период, в течение которого электростанция производит электроэнергию. Следовательно, стоимость адаптационных мероприятий покрывается дополнительной выработкой энергии.



Рис. 9. Бескрановый монтаж адаптированной ВЭУ на ВДЭС Амдерма [5]

Выводы:

1. Для обеспечения эффективной работы ВДЭС необходимо увеличить долю замещения дизельного топлива на использование энергии ветрового потока.
2. Использование энергии ВЭС в составе ВДЭС снижает себестоимость производимой энергии, чем выше доля замещения, тем эффективнее работа энергокомплекса.
3. Для обеспечения надежной работы ВДЭС в условиях Севера необходимо адаптировать основные элементы и оборудование энергокомплекса к суровым климатическим условиям (защита лопастей ВЭУ от обледенения, обогрев элементов оборудования в гондоле, применение морозостойких материалов и специальных типов фундаментов, бескрановый монтаж башни и др.)

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. В.В. Елистратова.

ЛИТЕРАТУРА:

1. S&TRF Наука и технологии России. Умная энергетика для крайнего Севера, 2016г.; [Электронный ресурс]: режим доступа: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=221&d_no=124571#.Wee2zGi0PIU
2. Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Часть 1: Определение ветроэнергетических ресурсов региона. СПб, Изд-во СПбГПУ, 2004, 58 с.

3. Елистратов В.В. Автономное энергоснабжение энергокомплексами на базе возобновляемых источников энергии / Сантехника, отопление, кондиционирование. 2016, 72-75 с.
4. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб: Изд-во Политехн.ун-та, 2016, 424 с.
5. Елистратов В.В. Автономное энергоснабжение территорий России энергокомплексами на базе возобновляемых источников энергии / Энергетический вестник. № 21 2016, 42-49 с.

УДК 621.383.51

Е.М. Игнатов
Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Цель работы – обзор наиболее перспективных направлений фотоэлектрической энергетики, анализ возможности их серийного применения для промышленных и бытовых нужд.

Солнце потенциально является перспективным источником энергии. За год на землю поступает $1,03 \times 10^{18}$ кВт·ч энергии солнечного излучения. Из них без последствий для экологии можно использовать $1,6 \times 10^{16}$ кВт·ч. Это в 160 раз больше, чем все земное энергопотребление [1].

На рис. 1 изображены наиболее распространенные технологии фотоэлектрических установок и показано их развитие. У данной отрасли есть достоинства и недостатки, которые относятся ко всем технологиям производства фотоэлектрических установок. К общим положительным качествам относятся возможность персонального использования, отсутствие шумов, широкая вариативность размеров, отсутствие потребности в топливе и широкая доступность основного источника энергии и его возобновляемость. К проблемам относятся сравнительно низкие КПД для всех моделей. Как видно из рис. 1, максимальная официально достигнутая эффективность – примерно 44% [2]. Существует информация о разработках вплоть до 50%, но официального подтверждения она еще не получили. Данная проблема решается использованием концентраторов (специальных линз), использованием проводников с лучшими фотоэлектрическими свойствами и инвестициями в развитие. Второй проблемой являются большие занимаемые площади. Следующая проблема – сравнительно высокая себестоимость электричества. Решается увеличением объемов и темпов производства фотоэлементов и субсидированием отрасли, при котором часть стоимости электричества будет оплачивать непосредственно государство. Еще одним недостатком фотоэлектрических панелей является генерация энергии только в дневное время суток.

Ниже представлены наиболее перспективные фотоэлектрические технологии.

Первая технология – многопереходные или мультипереходные панели (рис. 2). являющиеся наиболее эффективными. Эти панели имеют несколько тонких слоев полупроводников (junctions). Подразделяются эти установки, во-первых, по используемым материалам: элементы III и V столбцов таблицы Менделеева, или элементы II и VI столбцов; во-вторых, по количеству слоев: от двух до шести перехода. Теоретически число слоев может достигать бесконечности, с увеличением количества слоев растет КПД. Теоретическая максимальная эффективность слоя – 33,5%. [3] Недостатки – высокая себестоимость (около 5\$ и выше за Вт) и сложность производства.

К этой категории относят однопереходные панели из арсенида галлия (GaAs). На данный момент их эффективность достигает порядка 30,9% а себестоимость установки порядка 1\$ за Вт [4]. Однако As и Ga менее распространены на земле и, как показано ниже, эта технология эффективнее кристаллической всего на 3-4%.

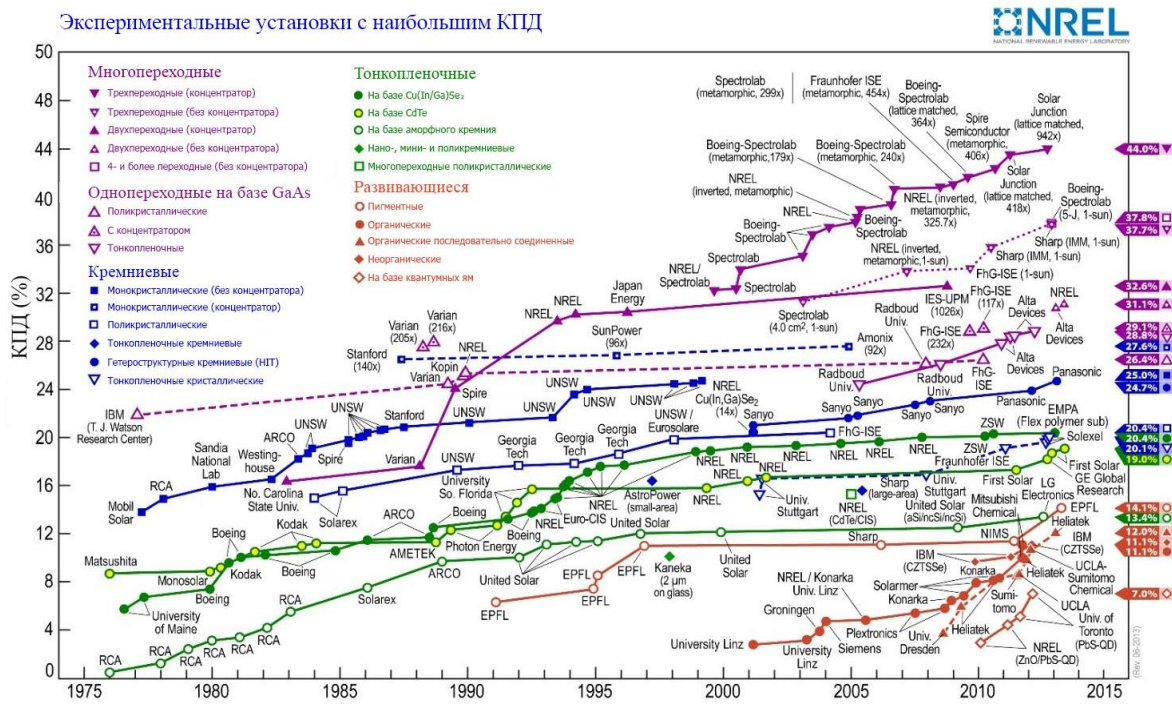


Рис. 1. Экспериментальные установки с наибольшим КПД

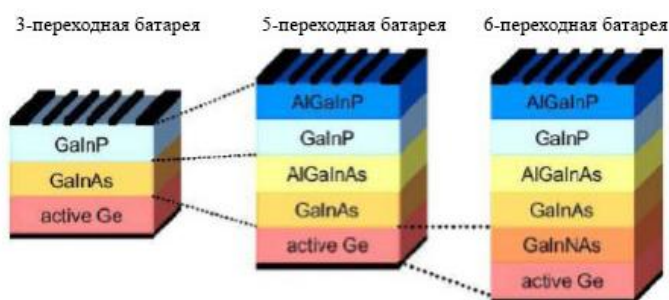


Рис. 2. Многпереходные панели

Вторая технология – кремниевые (кристаллические) панели. Они являются наиболее распространенными (77% рынка на 2013 г.) [4]. Бывают монокристаллические (КПД до 25%, с концентратором до 27,6%) и поликристаллические (КПД до 20%) (Рис.). Поликристаллические являются более дешевыми. Рыночная цена на монокристаллические составляет

примерно 50-60 руб. за Вт, на поликристаллические – от 40 рублей. Главное достоинство – кремний является одним из самых распространенных элементов на земле. Кроме того, в поликристаллических установках можно использовать кремний из вышедших из строя установок с монокристаллическим кремнием. В солнечном климате период окупаемости 2-3 года [5]. В то же время, не смотря на широкую распространенность кремния на земле, его добыча и производство кристаллов нуждаются в увеличении темпов.

Третья технология – тонкопленочные фотоэлектрические панели (рис. 4). Они делятся, в основном, на установки из теллурида кадмия, меди-индия, полимеров и аморфного кремния. Первые две имеют КПД до 20%, но очень дорогие из-за использования редкоземельных элементов. Вторые две технологии наоборот являются недорогими, но их КПД не выше 11%.

Отдельно стоит рассмотреть HJT технологию. Это гибрид кремниевых и тонкопленочных фотоэлектрических панелей, который обладает высоким (до 25%) КПД и низким коэффициентом температурного расширения. Стоимость этих батарей превышает стоимость кристаллических не более, чем на 0,1\$ [6].

Существует также новое поколение фотоэлектрических панелей, на данный момент разработанных на уровне экспериментальных установок и лабораторных исследований. К ним относятся перовскитовые, пигментные, органические и некоторые другие установки. Их особенность – простота в изготовлении и очень небольшой расход материалов, но на данный момент они развитие находятся на стадии развития [7].

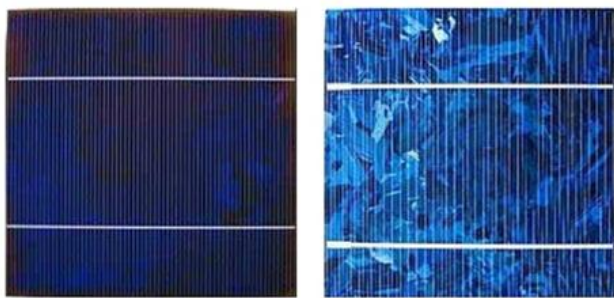


Рис. 3. Солнечные элементы из моно- и поликристаллического кремния



Рис.4. Тонкопленочная панель

В результате анализа технологий фотоэлектрических панелей можно сделать следующие выводы:

1. Оптимальными для промышленного и бытового использования являются кремниевые фотоэлектрические панели, они имеют сравнительно высокий КПД (до 27%), низкую стоимость (менее 0,7\$ за Вт) и широкое распространение основного ресурса на земле.
2. Целесообразно использовать НТ-технологию производства тонкопленочных панелей, обладающую схожими ценой и КПД с кристаллическими и имеющие преимущество в коэффициенте температурного расширения.
3. Многопереходные панели являются перспективными и имеют высокую эффективность (до 50%), однако слишком дороги на настоящий момент (~5\$ за Вт). Бытовое и промышленное применение может стать возможным при использовании концентраторов, систем слежения и увеличении добычи необходимых ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В., Аронова Е.С. Солнечные энергоустановки. Оценка поступающего солнечного излучения; СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012, 164 с.
2. NREL National Renewable Energy Laboratory; Национальная лаборатория возобновляемой энергетики США [Электронный ресурс] URL: <http://NREL.gov>
3. Minh Le. NREL's PV Incubator: Where Solar Photovoltaic Records Go to be Broken; Статья – департамент энергетики США, 2011.
4. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб, изд. Наука, 2016, 305 с.
5. Альтернативная Энергия [Электронный ресурс] URL: <http://altenergiya.ru/sun/mnogoobrazie-vidov-solnechnyx-panelej.html>
6. Теруков Е.И. Перспективы развития солнечной энергетики на основе кремния в Российской Федерации; Доклад – НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф. Иоффе
7. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE [Электронный ресурс]; Официальный Сайт – Институт установок солнечной энергетики; режим доступа: <https://www.ise.fraunhofer.de>

УДК 621.311.24

В.И. Касина

Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ

Цель работы – оценить использование дизельных электростанций для энергоснабжения изолированных объектов и определить эффективность внедрения ветро-дизельных установок для экономии дизельного топлива в северных регионах РФ.

В России около 65% территории имеет изолированную систему энергоснабжения, обеспечение энергоснабжения в данных регионах происходит на основе дизельных электростанций (ДЭС), состоящих из одной или нескольких дизель-генераторных установок (ДГУ) [1].

Для достижения поставленной цели были проанализированы годовые отчеты по энергоснабжению изолированных территорий РФ, по данным которых составлены таблицы с характеристиками ДЭС в рассматриваемых регионах (табл. 1, 2). Согласно Российскому энергетическому агентству, на территории России в зонах изолированного энергоснабжения работает приблизительно 900 ДЭС, выработка которых, в 2015 г. составила 3142 МВт·ч электроэнергии, что требует потребления примерно 1 млн т дизельного топлива в год. Согласно изученным отчетам, стоимость завозимого дизельного топлива в изолированные районы составляет 40-100 тыс. руб. за тонну (30-80% – транспортная составляющая), в связи с чем, по оценкам центра по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ), федеральный бюджет ежегодно выделяет более 50 млрд. руб. для субсидирования тарифов на энергию в изолированных регионах [2-5].

С учетом действующих тарифов на электрическую энергию в изолированных регионах (табл. 1) необходимы меры по повышению энергоэффективности и снижению стоимости электроэнергии.

Таблица 1

Характеристики ДЭС в различных субъектах РФ [4,6,8,9]

Субъект РФ	Кол-во ДЭС	Мощность, МВт	Выработка электроэнергии, тыс. кВт·ч	Объем завозимого топлива, тыс. т	Затраты на завоз топлива, млн. руб	Стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч
Архангельская область	63	35	55467	7,6	-	До 60
Ненецкий автономный округ	36	89	25000	11,12	560,5	До 32
Республика Саха (Якутия)	145	364	325215	740	31300	До 36
Камчатский край	181	152,15	151308	30	165	До 54
Мурманская область	150	3,8	85000	–	–	До 50
Республика Коми	27	58,06	19400	–	–	До 15
Чукотский автономный округ	46	82,83	97352	140-148	–	До 10,45
Красноярский край	70	30	98806	62	313,1	Более 25
Ямало-Ненецкий автономный округ	42	185	1524335	89	4100	–
Ханты-Мансийский автономный округ	37	39,77	71764	11	500	–
Сахалинская область	24	41,23	50500	–	–	До 16,13
Хабаровский край	64	8,83	19297	24	1300	До 29,02
Магаданская область	13	15,55	280000	–	–	До 36,96

По данным статистики, средний КПД ДЭС в России составляет 36%, однако, в изолированных регионах он опускается ниже 30%, что связано с устареванием установок и оборудования станций (более 35% оборудования имеет износ свыше 76%), а также с неэффективной работой ДЭС с низким коэффициентом загрузки, что приводит к существенному недоиспользованию установленной мощности ДЭС, снижению КПД и к существенному росту удельного расхода топлива на выработку электроэнергии.

Анализ эффективности использования ВИЭ показал, что в изолированных системах энергоснабжения целесообразно использовать ветро-дизельных электростанций (ВДЭС), что связано с высоким ветроэнергетическим потенциалом, такие системы являются экономически привлекательными, например, согласно оценке экономической эффективности применения

ВЭУ в Сахэнерго с годовой выработкой электроэнергии 4122,9 тыс. кВт·ч, годовое снижение использования дизельного топлива обеспечит экономию до 150 млн. руб., а срок окупаемости проектов по внедрению ВДЭС варьирует от 5 до 17 лет [10]. Замена на основе ВИЭ позволит сэкономить десятки миллиардов рублей в год за счет экономии дизельного топлива. Опыт Аляски, Норвегии и арктической части Канады доказывает экономическую целесообразность данного решения. В России на данный момент нет опыта создания энергокомплексов на базе ВИЭ, обеспечивающих высокую долю замещения дизельного топлива. Реализация данных проектов позволит существенно снизить бюджетные субсидии на завоз топлива.

Таблица 2

Характеристика расхода дизельного топлива ДЭС

Субъект РФ	Годовой расход топлива, т у.т	Удельный расход топлива, т у.т/кВт·ч	Субъект РФ	Годовой расход топлива, т у.т	Удельный расход топлива, т у.т/кВт·ч
Республика Саха (Якутия)	135395,1	416,3	Сахалинская область	10	570
Камчатский край	65166,4	430,7	Хабаровский край	8169,4	423,4
Чукотский автономный округ	37972,5	389,9	Магаданская область	7996,9	—

Эффективность использования ресурсов возобновляемой энергии при создании систем энергоснабжения, объединяющих установки на топливе и возобновляемой энергии, определяется долей энергии, выработанной от установки ВИЭ, которая замещает выработку генерации на органическом топливе и экономит дорогое топливо. В международной практике ВДЭС классифицируют на три группы по соотношению мощности и выработки ВЭС и ДЭС (уровня замещения) (табл. 3).

Таблица 3

Уровни использования ветровой энергии в составе ВДЭС [4]

Уровень замещения дизельного топлива	Рабочие характеристики	Доля замещения дизельного топлива, %	
		По мощности	По выработке
Низкий	1. ДГУ работает постоянно. 2. ВЭС участвуют в покрытии основной нагрузки. 3. Не требуется АСУ ВДЭС. 4. Простая схема внедрения ВЭУ.	< 50	< 20
Средний	1. ДЭС работает постоянно. 2. При высоком уровне выработки ВЭС подключаются вторичные нагрузки. 3. Требуется относительно простая АСУ ВДЭС.	50-100	20-50
Высокий	1. ДЭС может отключаться при высоком уровне выработки на ВЭС. 2. Необходимы дополнительные решения для поддержания уровней частоты и напряжения. 3. Требуется интеллектуальная АСУ ВДЭС.	100-400	50-150

При повышении уровня замещения возрастает количество необходимого оборудования для поддержания стабильности работы энергокомплекса. Выработка ВДЭС во многом зависит от характеристик генерирующего оборудования и их совместных режимов работы. Для выбора оптимальной схемы энергокомплекса необходимо провести оценку энергоэкономической эффективности проекта.

Выводы:

1. Проведен анализ использования ДЭС в изолированной системе электроснабжения (табл. 1,2) в северных регионах, показавший необходимость разработки мер по снижению стоимости электроэнергии, а также по повышению энергоэффективности установок, в связи с устареванием их оборудования.
2. Определена эффективность применения ВДЭС в целях экономии дизельного топлива. ВДЭС позволит сократить использование дизельного топлива на 10-53% (в зависимости от схемы замещения дизельного топлива ВДЭС).
3. Использование ВДЭС увеличит жизненный срок эксплуатации ДЭС в 2-3 раза за счет уменьшения числа часов использования ДЭС.
4. Схема ВДЭС с высоким уровнем замещения дизельного топлива является максимально эффективной для сокращения объемов дизельного топлива и увеличения жизненного срока эксплуатации дизельных генераторов, однако, такая схема является более дорогостоящей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Gsänger S., Denisov R. Perspectives of the wind energy market in Russia. March 2017.
2. MAN Diesel and Turbo. Hybrid Power. Engines supporting wind power – [Электронный ресурс] URL: <http://powerplants.man.eu/docs/librariesprovider7/brochures/hybrid-power-engines-supporting-wind-power.pdf>.
3. Пилипец П.А., Кудряшева И.Г., Елистратов В.В. Методика оценки энергоэкономической эффективности автономных ветродизельных энергокомплексов. 2016.
4. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб: Наука, 2016.
5. 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. 1463-1469.
6. MAN Diesel and Turbo. Hybrid Power. Engines supporting wind power – [Электронный ресурс] URL: <http://powerplants.man.eu/docs/librariesprovider7/brochures/hybrid-power-engines-supporting-wind-power.pdf>.
7. Анализ нынешнего положения изолированных систем энергоснабжения с высокими затратами на энергию – [Электронный ресурс] URL: http://www.cenef.ru/file/Discussion_paper1.pdf.
8. Васильев Ю.С., Безруких П.П., Елистратов В.В., Сидоренко Г.И. Оценка ресурсов возобновляемых источников энергии России. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 205с.
9. Программа перспективного развития электроэнергетики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на период 2014-2019 годов- [Электронный ресурс] URL: https://depjkke.admhmao.ru/upload/iblock/247/sipre_khmao_yugry_na_2015_2019.pdf.
10. Парников Н.М. Повышение энергетической эффективности комплексов децентрализованного электроснабжения на примере Республики Саха (Якутия). Томск: Томский политехн. ун-т, 2009.

УДК 621.311

Е.В. Макарова
Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРИБРЕЖНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ С ПОМОЩЬЮ ПЛАВУЧИХ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Цель работы – создание инженерно-технологических предпосылок для строительства плавучих ВЭС и анализ конструкций современных плавучих оснований в северных районах.

Плавучие основания обеспечивают доступ к глубоководным территориям, к большим площадям с более высокой средней скоростью ветра и близостью к населенным пунктам. Российская Федерация имеет большую протяженность морских границ, большая часть из

которых приходится на северные районы с преобладающим ледовым режимом, при этом большинство этих районов находится в условиях децентрализованного энергоснабжения. Строительство плавучих ВЭС позволит провести электричество в эти районы, сократить безработицу в энергодефицитных регионах за счет создания новых рабочих и, как следствие, улучшить уровень благосостояния населения. В хозяйственной деятельности отдаленных регионов России встречаются ситуации, когда источники энергии необходимы на определенный срок, поэтому использование плавучих ВЭС окажется наиболее выгодным, так как плавучие ВЭУ быстро устанавливаются и имеют возможность перевозки с места на место. К тому же прибрежные морские зоны Российской Федерации обладают высоким ветроэнергетическим потенциалом, поэтому создание ВЭС морского базирования на прибрежных территориях России является обоснованным.

Для достижения поставленной цели изучались современные типы плавучих оснований: основания типа SPAR, полупогружные платформы или плавучие платформы Tension-Leg Platform (TLP)/ Tension-Leg Buoy (TLB) (рис. 1) [1], также существующие и строящиеся плавучие ВЭУ и ВЭС.



Рис. 1. Типы плавучих оснований.
Слева направо: SPAR, полупогружное, TLP

Основание типа TLP состоит, в основном, из почти полностью затопленной конструкции вертикальных цилиндров большого диаметра, соединенных между собой горизонтальными элементами [2]. Достоинством сооружений TLP является то, что сооружение устойчиво в заякоренном положении и в районе ватерлинии отсутствуют выступающие элементы и связи. Недостаток сооружений TLP заключается в том, что сооружение не будет обладать устойчивостью при обрыве связей.

Основания типа SPAR представляют собой длинный цилиндр с якорной системой

закрепления, что позволяет уменьшить размеры сооружения в районе ватерлинии. Достоинством сооружений типа SPAR является то, что сооружение обладает устойчивостью под воздействием волновой нагрузки даже после обрыва связей. Недостаток сооружений состоит в том, что преимущества этого типа сооружения реализуются только при большой его высоте, а значит, оно может использоваться только на больших глубинах моря.

Достоинством полупогружных оснований является большая устойчивость, которая достигается за счет значительной площади ватерлинии, а также благодаря якорной системе, которая также способствует значительному снижению горизонтальных перемещений сооружения. Недостатком полупогружных оснований является то, что они собирают высокие волновые и ледовые нагрузки, так как такие сооружения имеют большую площадь ватерлинии [3].

Из строящихся плавучих ВЭС были рассмотрены Hywind Scotland мощностью 30 МВт, состоящей из пяти установок высотой 253 м с плавучим основанием типа SPAR в 25 км от берега Петерхеда в Шотландии на глубинах 95–129 м [4], Kincardine, состоящую из восьми установок по 6,2 МВт высотой 192 м с основанием типа SPAR в 15 км от берега Абердина в Шотландии на глубинах 60–80 м и Portugal Okays мощностью 25 МВт, состоящую из трех или четырех установок с полупогружным основанием в 20 км от северного побережья Португалии [5]. Из готовых проектов с полупогружной платформой были рассмотрены платформа P80, на которой будет размещаться одна ветротурбина мощностью от 5 до 8 МВт и P37, размещающую три небольшие ветроустановки, обе разработанные датской компанией Floating Power Plant [6], а также другие проекты (Sway, Blue H, Hexicon, Winflo и др.).

При проектировании ВЭУ необходимо рассмотреть нагрузки, действующие на элементы системы, поскольку для долговременной работы в морских условиях необходимо создавать конструкции, сохраняющие прочность элементов конструкции и обеспечивающие остойчивость всего сооружения.

В соответствии со СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» [7] нагрузки, действующие на элементы системы, классифицируются следующим образом:

1. Постоянные нагрузки: собственный вес элементов надплатформенной части; собственный вес плавучего основания.

2. Временные нагрузки: ветровая нагрузка на ветроколесо и на башню ВЭУ и динамические нагрузки, связанные с вращением ветроколеса. Кроме того, временными являются динамические нагрузки от вращения ротора генератора, снеговая нагрузка на гондолу и другие.

3. Особые нагрузки. Особой нагрузкой для ВЭУ является нагрузка, передаваемая от плавучего основания в виде колебаний и воздействий, связанных, например, с ледяным давлением.

Величина ледовых нагрузок оценивается с учетом местных ледовых условий и уровней воды, а также движений льда, размера и формы фундамента. Необходимо оценить следующие ледовые нагрузки: термическое давление льда; горизонтальную нагрузку от покровного льда, подверженного колебаниям уровня воды; горизонтальную нагрузку от движущихся льдин; давление от бугристых льдов и ледяных хребтов; вертикальную нагрузку от покровных льдов, подверженных колебаниям уровня воды [8]. При этом также одним из первых шагов в оценке ледовых нагрузок является определение того, каковы основные режимы разрушения льда об конструкцию. Разрушение льда при сжатии является сложным процессом, который зависит от таких критериев, как геометрия конструкции, толщина льда, наличие гребней, скорость льда или температура льда [9].

В районах, где ожидается движение льда, нагрузки от движущегося льда должны рассчитываться для всех сезонов и считаться действующими в направлениях преобладающего направления течения и ветра. Для конструкций, в том числе конусов и цилиндров, чувствительных к уровню воды, необходимо собирать статистические данные о колебаниях уровня воды в зимних условиях, чтобы определить проектный уровень воды, определяющий высоту конуса или цилиндра.

Таким образом, проанализировав конструкции плавучих оснований, строящиеся и существующие плавучие ВЭС и ВЭУ, можно сделать выводы:

1. Плавучие ВЭУ должны выдерживать большие нагрузки, в том числе ледовые, но полупогружные основания за счет большой площади ватерлинии собирают большую ледовую нагрузку, что может привести к обрыву связей. Используются они в основном на глубинах 20–100 м; сооружения типа TLP не имеют большой площади и выступающих частей, за счет чего собирают меньшую ледовую нагрузку, но при этом при разрывах связей теряют остойчивость. Используются в основном на глубинах более 80 м; за счет малого диаметра у сооружений типа SPAR минимизируется волновая и ледовая нагрузка на конструкцию, но используются они при глубинах более 100 м.

2. Существующие проекты плавучих ВЭУ в большинстве имеют полупогружное основание (примерно 50-60%), основание типа SPAR имеют около 30% проектов, остальные 10-20% у основания типа TLP. При этом большинство строящихся ВЭС используют основания типа SPAR (около 60%, остальное делят между собой полупогружные основания и TLP).

3. Большая часть прибрежной территории РФ находится в условиях децентрализованного энергоснабжения, поэтому установка плавучих ВЭС улучшит условия жизнедеятельности и транспортные связи на северных территориях, что также позволит ускорить развитие Северного морского пути.

4. Существующие проекты плавучих ВЭС в различных странах мира разрабатываются для акватории без ледового режима, поэтому необходимо адаптировать мировой опыт проектирования морских плавучих оснований для условий российского континентального шельфа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Andersen, M. T. Floating Foundations for Offshore Wind Turbine// Aalborg Universitet. 2016 P. 230.
2. Елистратов В.В. и др. Научно-технические проблемы создания ветроэнергетических станций на шельфе Арктики / Международный научный журнал альтернативная энергетика и экология. 2014. № 11. с. 36-48.
3. Floating Offshore Wind: Market & Technology Review [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.carbontrust.com>. (Дата обращения – 10.10.2017)
4. Statoil. Hywind Scotland pilot park [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.statoil.com>. (Дата обращения – 11.10.2017)
5. Offshore Wind [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.offshorewind.biz>. (Дата обращения – 14.10.2017)
6. Floating Power Plant. The P80 Research and Demonstration Platform [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.floatingpowerplant.com>. (Дата обращения – 10.10.2017)
7. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия, Госстрой СССР, М., 1987.
8. IEC 61400-3:2009 Wind turbines – Part 3: Design requirements for offshore wind turbines.
9. Josette M.Y. Coupled Analysis of a Spar Floating Wind Turbine considering both Ice and Aerodynamic Loads / Maritime Engineering. 2015. P.178.

УДК 621.311

Е.В. Малашенко
Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого

ОБОСНОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ВИЭ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)

Цель работы – сравнительный анализ и пути снижения тарифов на электроэнергию в результате строительства и эксплуатации объектов ВИЭ на территории Якутии.

По оценкам экспертов на территории России находится около 40% всех природных ресурсов планеты, большая часть которых находится в Азиатской части страны. Рядом с месторождениями полезных ископаемых строятся города, в которых изначально проживают специалисты добывающей отрасли. Требуется много энергии для обеспечения электричеством и отоплением предприятий и жилых домов. Особенно остро стоит проблема отопления.

Проблемой является то, что огромные территории Якутии – больше половины с населением около 20 млн. человек – не входят в систему централизованного энергоснабжения (рис. 1). Себестоимость производства электроэнергии на дизельных установках, работающих на привозном топливе, в этих районах от 15 до 100 руб./кВт·ч.

В отличие от регионов нефтегазодобычи (ХМАО, ЯНАО), где ресурсы можно сразу переработать в электроэнергию, в регионах добычи драгоценных камней проблема энергообеспечения стоит особенно остро.

В данной статье рассматривается Республика Саха (Якутия). В этом регионе происходит добыча примерно 99% всех алмазов России. Первое месторождение алмазов было открыто на территории данного субъекта РФ в 1954 г. Также этот регион занимает ведущие позиции по добыче олова, золота и других драгоценных камней.



Рис. 1. Схема энергоснабжения России

Для данного региона требуется своя система энергообеспечения, снижающая величины закупок дизельного топлива. Решать проблему энергоснабжения региона начали во второй половине 20 века. На р. Вилюй (приток р. Лена) был построен Вилюйский каскад ГЭС (первая ступень введена в эксплуатацию в 1976 г., вторая – в 2008 г.), который дал возможность начать широкомасштабную разработку алмазных месторождений Якутии, а вследствие и снабдить электричеством жилые дома.

Второй альтернативой вышеуказанной проблемы является создание объектов, использующих солнечный и ветровой потенциалы региона.

Суммарная солнечная радиация, поступающая в Якутию за год, представлена на рис. 2. В регионе нет проблем с дефицитом солнечной радиации (в летнее время года). В Якутии нет существенной облачности. За полярный день, протяженность которого может составлять 20 часов, на горизонтальную поверхность поступает достаточное количество солнечной энергии для существенного замещения традиционных источников энергии и экономии дизельного топлива.



Рис. 2. Суммарная солнечная радиация на территории Якутии

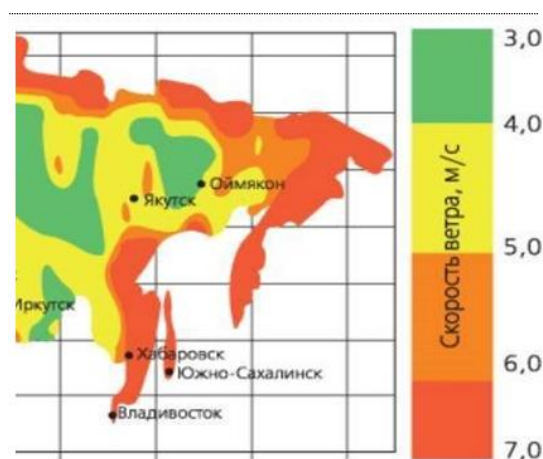


Рис. 3. Карта ветров Дальнего Востока

В п. Батагай в июне 2015 г. была введена в эксплуатацию СЭС Батагай, которая является крупнейшей солнечной электростанцией за северным полярным кругом. Вырабатываемая электроэнергия станции позволяет ежегодно экономить до 300 т дизельного топлива. Планируется построить и ввести в эксплуатацию вторую очередь, в результате суммарная мощность станции составит 4 МВт.

Карта ветров территорий Дальнего Востока представлена на рис. 3. Прибрежные районы Якутии имеют высокий ветроэнергетический потенциал.

Доставка дизельного топлива или проводка длинных линий электропередач требует больших финансовых затрат для районов Крайнего Севера.

Стоимость электроэнергии от нетрадиционных источников в сравнении с традиционными на основе примеров уже построенных объектов ВИЭ, работающих на изолированных от ЕЭС системах представлена в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение стоимости электроэнергии на территориях возведённых объектов ВИЭ

Объект ВИЭ	Тарифы на эл. энергию до установки (руб./кВт·ч)	Тарифы после введения в эксплуатацию объекта ВИЭ (руб./кВт·ч)	Экономия дизельного топлива в год (т дизельного топлива)	Примечания
СЭС Батагай, первая очередь п. Батагай (1 МВт)	до 100	35 (заморожен и будет понижаться)	300	Основное оборудование, рассчитанное на 25 лет, окупит себя 4 раза. Планируется увеличение мощностей в 4 раза
Виллюйская ГЭС-3 п. Светлый (277,5 МВт)	до 100 (до установки Виллюйской ГЭС-1)	5,50 (за 2016 г.)		Входит в каскад Виллюйских ГЭС

Выводы. Якутия обладает высоким ветровым, водным и солнечным потенциалом: наибольший ветровой потенциал региона отмечается в прибрежных зонах севера, наибольшая солнечная радиация – в восточной и южной частях Якутии. На примере СЭС Батагай и Виллюйской ГЭС-3 показана закономерность существенного снижения стоимости электроэнергии на изолированных от ЕЭС территориях при возведении объектов ВИЭ. В п. Батагай стоимость электроэнергии снизилась со 100 до 35 руб./кВт·ч, а строительство Виллюйской ГЭС-3 снизило тарифы электроэнергии до 5,50 руб./кВт·ч.

Таким образом, строительство объектов ВИЭ на территории республики Саха является социально-экономически целесообразным для снижения затрат на потребление электроэнергии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб: Наука, 2016.
2. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.
3. Старков А.Н., Ладберг Л., Безруких П.П., Борисенко М.М. Атлас ветров России /Министерство топлива и энергетики России. Национальная лаборатория Рисо (Дания). Российско-Датский институт энергоэффективности. М., 200. 560 с
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 24. Якутская АССР. Кн. 1-2. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 608 с.
5. Атлас ветрового и солнечного климата России. СПб.: Изд-во им. А.И. Воейкова, 1997.173 с.

6. Об установлении тарифов на электрическую энергию, поставляемую потребителям АО «Вилуйская ГЭС-3» на 2016 год: постановление государственного комитета по ценовой политике Республики Саха (Якутия) от 30 декабря 2015 г. № 339/ АО «Кодекс». 2017. С. 2-4.
7. Вести RU [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=2633389>. – Загл. С экрана.
8. econet.ru [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://econet.ru/articles/70360-alternativnaya-energetika-v-yakutii>. – Загл. с экрана.
9. econet.ru [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://ecoteco.ru/library/magazine/zhurnal-9/tehnologii/karta-vetrov-rossii>. – Загл. с экрана.
10. altenergiya.ru [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. данные. – Режим доступа: <http://altenergiya.ru/apologiya/specifika-rossijskogo-severa.html>. – Загл. с экрана.
11. коммерсантъ [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/2747880>. – Загл. с экрана.
12. География [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. данные. – Режим доступа: <https://geographyofrussia.com/summarnaya-solnechnaya-radiaciya>. – Загл. с экрана.
13. Интернет-энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. данные. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%AD%D0%A1_%D0%91%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%B9. – Загл. с экрана.
14. Интернет-энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. данные. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BB%D1%8E%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%93%D0%AD%D0%A1-III. – Загл. с экрана

УДК 621.311

С.Г. Петров

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ ЦЕНЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ НА ВЭУ И ПУТИ СНИЖЕНИЯ ОБЩИХ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ

Цель работы – уменьшение цены производства энергии на ВЭУ путем сокращения капитальных вложений в ветровую турбину.

За последние 20 лет стоимость выработки ветроэнергии снизилась более чем на 80%. В начале 1980 г. цена выработки ветроэнергии достигала 30 евроцентов за кВт·ч. Новые установки, расположенные в районах с высоким ветровым потенциалом, могут производить электроэнергию стоимостью до 5 евроцентов за кВт·ч [1].

Цена производства энергии на ВЭУ $C_{ВЭУ}$ (Евро/кВт·ч) может быть приближенно определена по выражению [2]

$$C_{ВЭУ} = \frac{100 \cdot CRF(r, T_{РЭ}) \cdot I_{ВЭУ}}{\mathcal{E}} + u_{\mathcal{E}},$$

где CRF – коэффициент аннуитета, $I_{ВЭУ}$ – общие капитальные вложения на 1 м² площади ротора, r – реальная процентная ставка, $T_{РЭ}$ – экономический срок службы, $\mathcal{E}$ – годовой объем производимой на ВЭУ энергии, кВт·ч/м²; $u_{\mathcal{E}}$ – издержки эксплуатации и обслуживания ВЭУ.

Примерно 75% капиталовложений приходится на ветровую турбину. Из других компонентов затрат основными являются, как правило, сетевое соединение и фундаменты. Также к капитальным затратам добавляются арендная плата за землю, электромонтаж, консультанты, финансовые затраты, системы дорожного строительства и контроля. Структура капитальных вложений в ВЭС континентального типа представлена на рис. 1 [3].

Таблица 2

Удельная стоимость типовой европейской ВЭУ мощностью 2 МВт

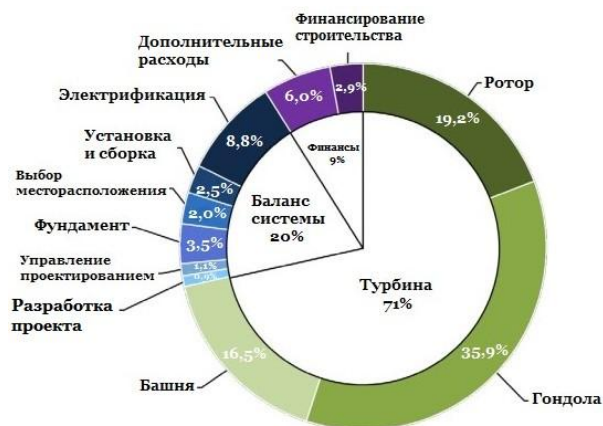


Рис. 10. Структура капиталовложений в ВЭС наземного базирования мощностью 2 МВт

Капиталовложения	Инвестиции (1000 евро/МВт)	Соотношение, %
Турбина с преобразователем	928	75,6
Сетевые подключения	109	8,9
Строительство	80	6,5
Аренда земли	48	3,9
Монтаж электрики	18	1,5
Обслуживание	15	1,2
Финансовые затраты	15	1,2
Строительство дорог	11	0,9
Система управления	4	0,3
Общая стоимость	1227	100

В настоящее время удельная стоимость строительства ВЭС обычно колеблется от 1000 евро/кВт до 1350 евро/кВт [4]. Типовая структура цены европейской ВЭУ мощностью 2 МВт, высотой башни 80 м и диаметром ветроколеса 82,5 м приведена в табл. 1 [5].

1. Башня. Составляет большую часть стоимости ветротурбины, является относительно совершенным компонентом. Стоимость обусловлена ценами на сталь и другие материалы. Тем не менее, усиление конкуренции, интеграция легких материалов, расширение и увеличение количества производителей, могут снизить затраты на 15-20% к 2030 г. [6].

Сегодня широко изучены и распространены следующие компоновки башен [7-8]:

- Стальная башня, спроектированная обычным способом с фланцами и продольными и поперечными сварными швами. Расчетная стоимость 2,30 €/кг (2010 г.). Стоимость башни типовой ВЭУ мощностью 2 МВт равна 419 000 €.
- Стальная башня с болтовыми фрикционными соединениями. Стоимость готового изделия предполагается равной 2,50 €/кг. Капиталовложения равны 453 000 €.
- Бетонная башня с предварительно напряженной стальной арматурой. Несмотря на использование большого количества бетона с низкой стоимостью (0,06 €/кг), из-за высокой стоимости высококачественной стали (7 €/кг) стоимость такой башни достигает 554 000 €.
- Гибридная башня с нижней бетонной частью и верхней частью, выполненной в виде обычной стальной оболочки (тип 1 выше). Цена может быть уменьшена до 398 000 €.
- Решетчатая башня. Базовый материал недорогой, потребность в специальной машине для резки и сверления гарантирует такую же стоимость, как и для сварных башен (2,3 €/кг). Стоимость готовой башни примерно 410 000 €.

2. Ротор. В настоящее время распространены плоский и изогнутый профили лопастей. Плоские лопасти легко вырезать из листов фанеры или металла, гарантируя, что они имеют согласованную форму и размер, поэтому они дешевле в производстве, чем изогнутые, но эффективность генерации электроэнергии очень низка [9]. Преимущества изогнутой лопасти по сравнению с плоской заключается в том, что подъемные силы позволяют кончикам лопастей ветротурбины двигаться быстрее, чем ветер, создавая большую мощность и более высокую эффективность, поэтому в настоящее время используется этот тип лопасти (рис. 2) [10].

Стоимость трех изогнутых лопастей, длиной 40 м, изготовленных из стеклопластика будет составлять примерно 285 000 €. Стоимость ступицы и поворотного механизма равна 165 000 €. Использование углеродного волокна взамен стеклопластика позволит уменьшить вес лопастей и улучшить аэродинамические свойства и увеличить годовой объем производимой на ВЭУ энергии E .

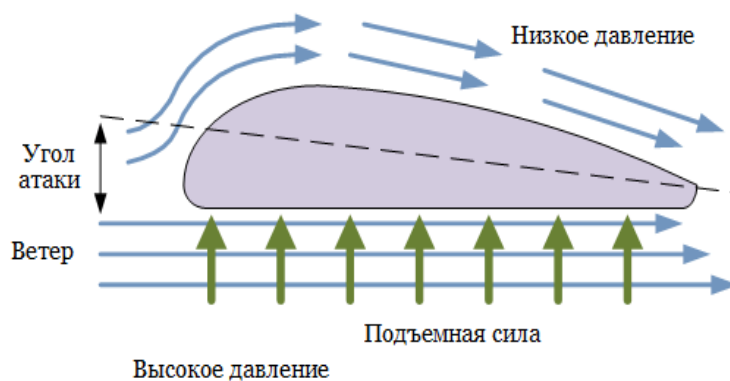


Рис. 2. Профиль изогнутой лопасти и распределение ветрового потока

Использование данного материала увеличивает затраты на ротор примерно на 12-16%, но значительное снижение веса уменьшает нагрузку на турбину, тем самым позволяя уменьшить стоимость башни (7%), гондолы (9%) и фундамента (3%) [11]. Сокращение затрат может достигать до 45 000 €.

3. Гондола. Это основная структура турбины, в которой размещены важнейшие компоненты, такие как редуктор, генератор, система торможения, преобразователь, трансформатор и др. Самые большие затраты приходятся на редуктор. Как правило, это 13-15% стоимости турбины (260 000 € для ВЭУ мощностью 2МВт). Снижение затрат связано с увеличением доли генераторов безредукторного привода с использованием синхронных двигателей с постоянными магнитами. Применение магнитного генератора поможет снизить затраты на 15% от стоимости редуктора, что составляет около 40 000 € [12].

Системы управления, трансформатор и другие компоненты турбины, могут быть удешевлены за счет повышения эффективности производства, исследований и разработок. К 2020 году эти компоненты могли бы снизить затраты на 10-15% [6].

4. Сетевые соединения. Стоимость сетевого подключения вряд ли значительно снизится для береговых ветровых электростанций. Тем не менее, снижение затрат для оффшорных станций возможно за счет увеличения масштабов развития ветроэнергетики и увеличения потенциала промышленности. Расходы на внутреннее сетевое соединение оцениваются как постоянные и лишь незначительно могут изменяться [6].

5. Фундаменты. Основания могут составлять 3-8% капиталовложений на ветровые электростанции на суше и от 15% до 20% или более для морских ветровых электростанций. Крупнейшими стоимостными компонентами фундаментов являются цемент и сталь. Таким образом, фактические затраты на фундамент будут сильно зависеть от этих цен на сырьевые товары. Другие сокращения могут быть достигнуты за счет снижения потребления материалов (за счет более эффективных конструкций) и снижения стоимости материалов (замена материалов) [6].

В результате анализа затрат на строительство типовой ВЭУ мощностью 2 МВт, можно выделить следующие пути сокращения капитальных вложений:

1. Использование гибридной бетонно-стальной башни. Стоимость такой башни будет дешевле на 21 000 €, чем стальной, таким образом, капиталовложения сокращаются на 0,9%.
2. Применение современных материалов для изготовления лопастей позволяет сократить капиталовложения на 45 000 € или на 1,8%.
3. Установка магнитного (безредукторного) генератора позволяет сэкономить до 40 000 €, что составляет 1,6%.

Таким образом, капиталовложения в строительство типовой ВЭУ сокращены на 4,3%, что составляет 106 000 €.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Global Wind Energy Council – GWEC: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gwec.net>. Последнее обращение 18.10.2017.
2. Сидоренко Г.И., Кудряшева И.Г., Пименов В.И. Экономика установок нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Техничко-экономический анализ СПб. Изд-во политехн. ун-та. 2008.
3. Mone C., Hand M. Cost of Wind Energy Review // NREL is a national laboratory of the U.S. Department of Energy, 2015.
4. Безруких П.П. Ветроэнергетика. Справочное и методическое пособие. М.: ИД «ЭНЕРГИЯ», 2010.
5. Soren Krohn, Shimon Awerbuch, пер.: Е. Карташев. Экономика альтернативной энергетики / Компоненты и технологии, 2011, № 7.
6. Renewable energy technologies: cost analysis series, Wind Power // IRENA 2012.
7. Gencturk B., Attar. A. Optimal Design of Lattice Wind Turbine Towers // University of Houston, Houston, USA, 2012.
8. Engström S., Lyrner T., Hassanzadeh M. Tall towers for large wind turbines // Report from Vindforsk project V-342 Höga torn för vindkraftverk, 2010.
9. Alternative Energy Tutorials. Wind Turbine Blade Design, Flat or Curved. 2017.
10. Schubel P.J., Crossley R.J. Wind Turbine Blade Design Review, University of Nottingham, United Kingdom, 2012.
11. Monk C. Carbon Fibre – Challenges and Benefits for use in Wind Turbine Blade Design. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.structeam-ltd.com>. Последнее обращение 20.10.2017.
12. Potgieter J.H.J. Design and Analysis of Gearless Direct-Grid Permanent Magnet Induction Wind Generator. Stellenbosch University, 2011.

УДК 621.383.51

М.С. Смирнова

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

РАЗВИТИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ: РАБОТА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, СТОИМОСТЬ

Цель работы – исследование работы солнечных элементов и эффективности фотоэлектрических панелей (ФЭП) на их основе, анализ рынка солнечной энергетики с различными элементами и ценовой составляющей ФЭП, а также технологий, имеющих рыночный потенциал.

Солнечная энергетика, по многим прогнозам, является одной из самых перспективных отраслей возобновляемой энергетики. Более 60 лет назад началась эра практической солнечной электроэнергетики. Первым потребителем солнечных батарей стала космическая отрасль. Развитие солнечной энергетики также связано с масштабными программами поддержки возобновляемой энергетики, реализуемыми в развитых странах Европы, США, Японии. Технологии использования солнечной энергии стремительно расширяются. В конце 2014 г. установленная мощность сетевых фотоэлектрических станций в мире составила 179 ГВт, а в 2015 г. увеличилась до 230 ГВт [1, 4].

Сфера применения фотоэлектрических панелей очень широка: микроэлектроника (для обеспечения автономной работы разного рода приборов, самый распространенный пример – калькуляторы на фотоячейках), бытовая электроника (для подзарядки аккумуляторов мелкой техники, от смартфонов до ноутбуков), энергообеспечение мобильных объектов (передвижных станций, комплексов разного назначения), автопромышленность (снабжение энергией электромобилей и электрокатеров), энергообеспечение зданий (экономия электричества и обеспечение автономного энергоснабжения частных домов и иных объектов), энергообеспечение отдаленных районов (обеспечение электричеством регионов, где

невозможна или затруднена прокладка центральных энергосетей), космическая отрасль (энергообеспечение различных космических аппаратов) [2].

Рынок солнечной фотоэлектрической энергии вырос на 25% по сравнению с 2014 г. с новыми вводами мощностей 50 ГВт, что увеличило глобальную общую установленную мощность до 227 ГВт. В 2015 г. годичный рынок был в 10 раз больше, чем общий глобальный рынок 10 лет назад [3].

По материалам для солнечных элементов рынок следующий: монокремний 26%, поликремний – 65, аморфный кремний – 3, кадмий теллур – 4, гетероструктуры – 3%.

Стоимость фотоэлектрических модулей стремительно снижается из-за значительного изменения цены на кремний на мировом рынке. С 2006 по 2016 гг. цена на кремний снизилась с 350-400 тыс. долл./т до 1840 долл./т. Только в течение 2015-2016 гг. снижение цены на кремний на мировом рынке составила более 30%. В результате этого, существенно снижается удельная стоимость пикового Вт кремниевого модуля – до 0,8 евро/пик.Вт. В результате тонкопленочные технологии стали неэффективными. В связи с падением рынка тонкопленочных технологий, в настоящее время проводится изменение технологии с целью повышения КПД солнечного модуля [4].

Значения эффективности солнечных элементов и модулей, достигнутые в лабораторных условиях показаны в табл. 1.

Таблица 1

Состав солнечного элемента и его КПД

Тип солнечного элемента	Состав и КПД, %
Si (кремниевые)	Монокристаллический (кристаллический) – 24,7; поликристаллический – 20,3; тонкопленочный – 16,6.
Элементы на основе соединения элементов III и V группы	GaAs (кристаллический) – 25,1; GaAs (тонкопленочный) – 24,5; GaAs (поликристаллический) – 18,2; InP(кристаллический) – 21,9.
Тонкослойные солнечные батареи	GIGS (солнечный элемент) – 19,9; CdTe (солнечный элемент) – 16,5.
Солнечные батареи на основе аморфного/нанокристаллического кремния	Si (аморфный) – 9,5; Si (нанокристаллический) – 10,1.
Фотохимические солнечные батареи на основе органических красителей	– 10,4
Органические солнечные батареи на основе органических полимеров	– 5,15
Многослойные каскадные солнечные элементы	GaInP/GaAs/Ge – 32,2; GaInP/GaAs – 30,3; GaAs/CIS (тонкопленочный) – 25,8.

Современное состояние эффективности различных фотоэлектрических ячеек и тенденции их развития отражены на рис. 1 [5].

Из графика видно, что наибольший КПД имеют многослойные фотоэлектрические элементы достигшие 46%, их эффективность возросла на 34% по сравнению с 2000 г. Тонкопленочные элементы не получили высокой эффективности, с 2000 по 2016 гг. она увеличилась лишь на 6% и достигла КПД 23,3%. Довольно часто (особенно для гибких панелей) применяются кадмия теллурид и меди-индия селенид. Введение этих полупроводников повышает производительность ячеек примерно на 5-10% от первоначальных значений [7]. Монокристаллические элементы получают из однородных монокристаллов. Они имеют равномерную структуру и характеризуются несколько более высокой производительностью. Форма этих ячеек – многоугольники или квадраты со срезанными углами (по форме кристаллических заготовок). Поликристаллические элементы получают, как правило, методом литья и имеют неоднородную структуру и меньшую, чем у монокристаллов, энерговыработку. Однако полипластинки отличаются ровной прямоугольной или квадратной формой, поэтому ими можно полностью заполнить все рабочее пространство

солнечной панели, в отличие от монокристаллических [5]. Рыночная цена на монокристаллические панели составляет примерно 50-60 руб. за Вт мощности, на поликристаллические – от 40 руб. [6].

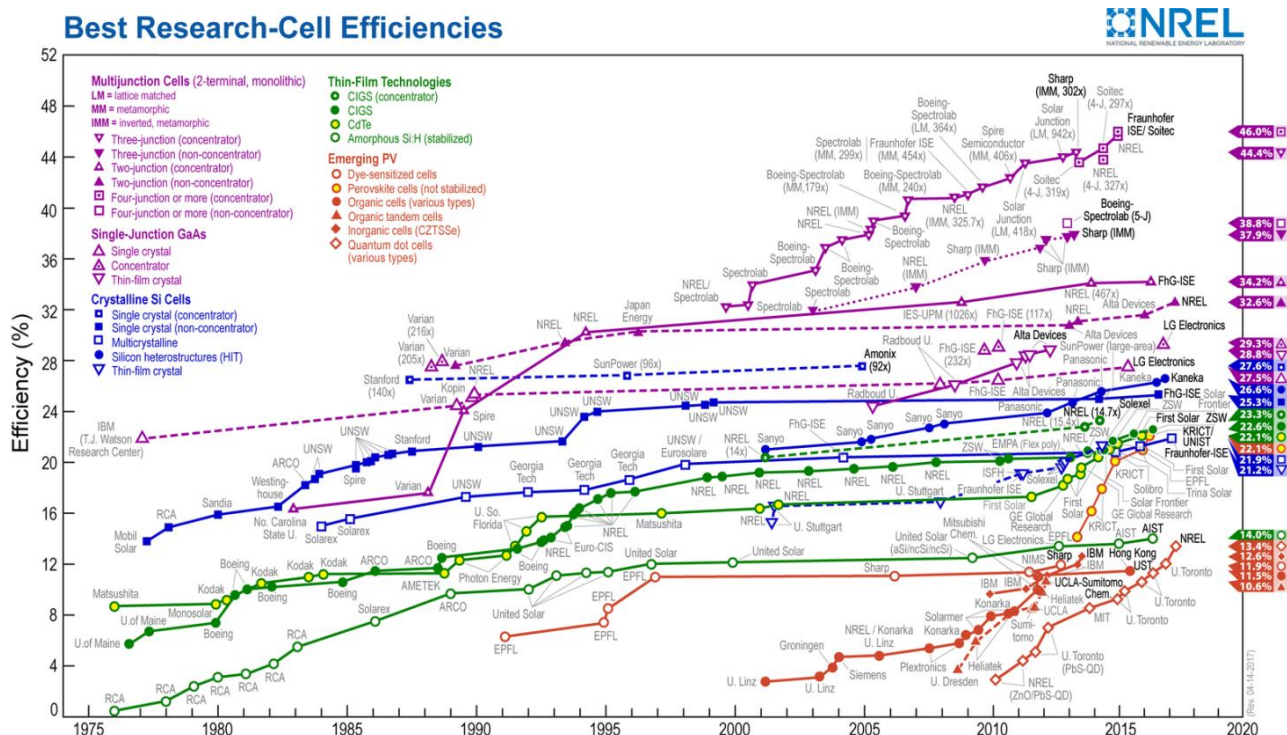


Рис. 1. Наиболее эффективные фотоэлектрические элементы

Выводы:

1. Наибольшим КПД обладают каскадные элементы. Наличие нескольких р-п переходов обеспечивает снижение потерь энергии квантов и увеличение КПД благодаря оптимизации каждого фотоэлемента для соответствующего ему спектрального участка солнечного излучения. На данный момент многопереходные фотоэлементы дороги для повседневного использования.
2. Для солнечных элементов основным материалом является кремний с различными примесями.
3. В настоящее время фотоэлектрические модули на основе моно- и поликристаллического кремния занимают около 90% коммерческого рынка фотоэлектрических технологий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. National Renewable Energy Laboratory [Электронный ресурс] URL: <https://www.nrel.gov/>
2. [Электронный ресурс] URL: <https://www.edx.org/micromasters/solar-energy-engineering>
3. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Состояние возобновляемой энергетики 2016 глобальный отчет.
4. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 424 с.
5. Multijunction Solar Cells [Электронный ресурс] URL: http://www.unescochair-hhf.ro/uploads/uploads/Daniela_Dragoman_Photovoltaics_4.pdf
6. Альтернативная Энергия [Электронный ресурс] URL: <http://altenergiya.ru/sun/mnogoobrazie-vidov-solnechnyx-panelej.html>
7. Renewable Energy World [Электронный ресурс] URL: <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2013/08/first-solar-absorbs-ges-cdte-tech-but-outcome-unclear.html>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ГАЗОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Система магистральных газопроводов Российской Федерации имеет протяженность более 190 тыс. км. В ближайшие годы планируется строительство еще более 6 тыс. км трубопроводов, а также реконструкция существующих объектов. В связи с этим остро встает вопрос об энергообеспечении новых вдольтрассовых установок для электрохимической защиты от коррозии. Наиболее важной мерой защиты подземных сооружений на сегодняшний день является катодная защита, осуществляемая с помощью установок катодной защиты (УКЗ) [1].

Для осуществления защиты от коррозии к трубопроводу подводится отрицательный полюс источника постоянного тока, а положительного к искусственно созданному анод-заземлителю [2]. Ток протекает по цепи: Клемма источника тока (+) $\Rightarrow$ анод-заземлитель $\Rightarrow$ почвенный электролит $\Rightarrow$ клемма источника тока (-). Таким образом, достигают компенсации коррозионных токов. В зависимости от состояния изоляции трубопровода могут варьироваться мощность УКЗ (от 50 до 450 Вт) и протяженность защищаемой ими зоны (от 10 до 40 км).

Энергоснабжение УКЗ, расположенных в удаленных и труднодоступных северных и восточных районах России, где отсутствует развитая инфраструктура, связано со значительными затратами из-за дорогостоящего строительства линии электропередач. За счет введения современного оборудования, а также вследствие удешевления элементной базы для создания энергетических установок, становится целесообразным устанавливать локальные энергетические комплексы на основе альтернативных источников энергии.

Целью данной работы является оценка рентабельности использования энергокомплексов на основе возобновляемых источников, состоящих из солнечных батарей и ветрогенератора, для обеспечения электроэнергией оборудования защиты от коррозии на примере магистрального газопровода в Оренбургской области.

При расчете мощности предполагаемой установки учитывались износ изоляции трубопровода, а также фактор коррозионной опасности. В связи с наличием на участке газопровода высокоомных грунтов проектная мощность УКЗ должна составлять 400 Вт (суточное потребление 9600 Вт), а расстояние между установками 10 км. Электроснабжение УКЗ должно осуществляться по III категории надежности [3].

Для расчета энергокомплекса на основе ВИЭ была проведена оценка среднегодовой скорости ветра на высоте 10 м и мощности солнечной инсоляции. Данные изысканий представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности в Оренбургской обл., МДж/м²

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Радиация	100	209	368	473	603	678	641	515	343	184	109	71

Основываясь на анализе солнечных и ветровых ресурсов, был произведен расчет ЭК с использованием солнечных батарей монокристаллического типа, установленных на стационарной платформе, и ветротурбины с горизонтальной осью ветроколеса и фиксированными лопастями. Для расчета мощности, вырабатываемой солнечной панелью размером 1 м² за 7 часов (длина светового дня), использовалась формула [4]:

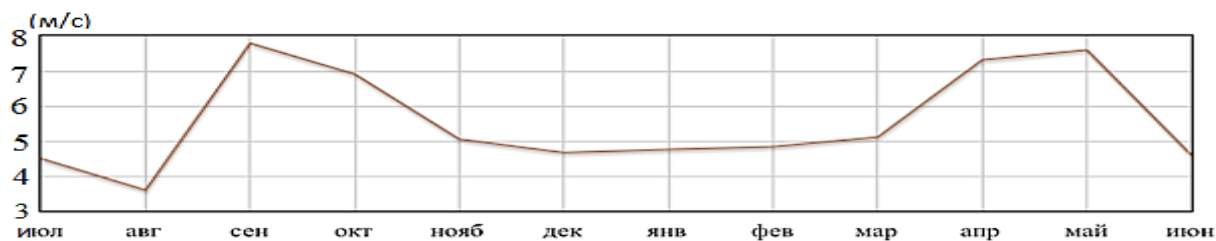


Рис. 1. Среднемесячная скорость ветра

$$P = \eta Et,$$

где E – мощность солнечной радиации; η – КПД используемой солнечной панели ($\eta = 14\%$). Также для правильной ориентации учитывалась широта (52°).

При расчете мощности ветрогенератора использовалась формула:

$$P = C_p V^3 \frac{\pi D^2}{2 \cdot 4}$$

где C_p – коэффициент эффективности турбины (0,4); R – плотность воздуха ($1,225 \text{ кг/м}^3$); V – скорость потока воздуха в м/с; D – диаметр лопастей.

Для определения емкости аккумуляторов учитывается мощность суточного потребления нагрузки (УКЗ) с запасом в 10%. Вычисленная емкость составила 10 000 А/ч, что позволяет снабжать УКЗ электроэнергией сутки, в случае полного отсутствия поступления энергии от солнечной и ветровой установок.

С учетом длины светового дня, а также штилей было определено, что для обеспечения бесперебойного питания установки катодной защиты с заданной мощностью, необходимы:

- солнечные монокристаллические панели, имеющие мощность 200 Вт и номинальное напряжение 24 В, 6 штук;
- ветроустановка мощностью 3,5 кВт и выходным напряжением 48В;
- солнечный контроллер с максимальным током заряда 100А;
- Ветряной контроллер на максимальную мощность 4 кВт, и максимальное напряжение 200В;
- литий-железо-фосфатные аккумуляторные батареи (LiFePO4) емкостью 100 А/ч с выходным напряжением 12 В в количестве 8 штук на одну УКЗ.

По результатам расчетов были построены графики выработки энергии солнечными батареями и ветрогенератором в течение года (рис. 2). Можно сделать вывод, что альтернативные источники смогут полностью обеспечить УКЗ электроэнергией в течение года.

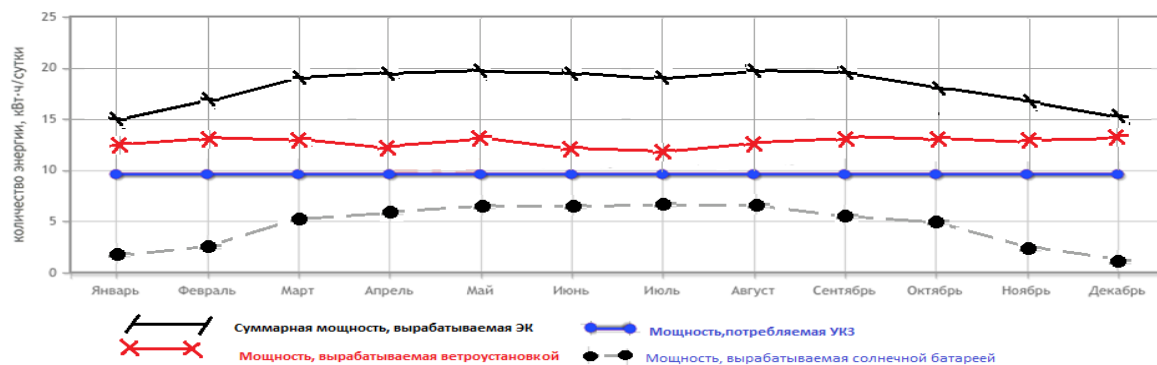


Рис. 2. График потребления мощности УКЗ и выработки ЭК на ВИЭ

Для обеспечения электроэнергией УКЗ в Оренбургской области рассматривается также и реконструкция ЛЭП, в качестве альтернативы ВИЭ. Реконструкция имеет свои сложности и особенности, что сказывается на продолжительности и стоимости выполнения работ. Возникает необходимость в обеспечении подъезда спецтехники, путем вырубке лесного массива, установки дизель генераторов для питания УКЗ при отключении от ЛЭП. Согласно корпоративной нормативной документации ПАО «Газпром» и федеральным стандартам (ГЭСН01-02-057-02, ГЭСН01-02-061-01) [5], стоимость реконструкции 10 км вдольтрассовой ЛЭП 10кВ составляет 18 220 000 руб., в то же время стоимость УКЗ на ВИЭ составит 4 032 021 руб. (табл. 2).

Таблица 2

Расчет стоимости реконструкции ЛЭП

Стоимость, руб.	Реконструкция ЛЭП	УКЗ на ВИЭ
Строительные работы	14 750 000	1 271 000
Монтажные работы	1 900 000	2 135 840
Подготовка территории	160 000	261 500
Оборудование	–	750 000
Материалы	1 410 200	883 410
Всего	18 220 000	4 032 021

Выводы.

Энергокомплекс вырабатывает необходимую для УКЗ мощность, а также мощность для зарядки аккумуляторов. Величина капитальных вложений для реализации ЭК на основе ВИЭ на 14 млн. руб. меньше капитальных вложений для реконструкции ЛЭП. Строительство энергокомплексов позволяет минимизировать объемы рекультивации земель и избежать вырубки прилегающих лесных массивов.

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. В.В. Елистратова.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бэкман В. Катодная защита от коррозии: Справ. изд. М.: Металлургия, 1984. 496 с.
2. Кохацкая М.С., Астапенко Л.Ф., Олексейчук В.Р. Электрохимические методы защиты подземных газопроводов от коррозии / М.: ИРЦ Газпром, 2008. 63 с.
3. Стандарт организации Газпром 9.2-003-2009.
4. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Наука, 2013. 308с.
5. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. 2001.

УДК 620.424.1

В.В. Гусев

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

АКТУАЛЬНЫЕ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА ПАРАМЕТРЫ
СЕТЕВЫХ ОНШОРНЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Последнее десятилетие мировая совокупная установленная мощность ветроэлектрических станций (ВЭС) или по европейской терминологии ветропарков неуклонно растет (рис. 1) [1, 2]. Эта тенденция не столь заметна в Российской Федерации. Тем не менее, введение в строй первого крупного (35 МВт) ветропарка компанией «FORTUM» в Ульяновской области можно воспринимать, как свидетельство о готовности страны войти на рынок ветрогенерации [3].

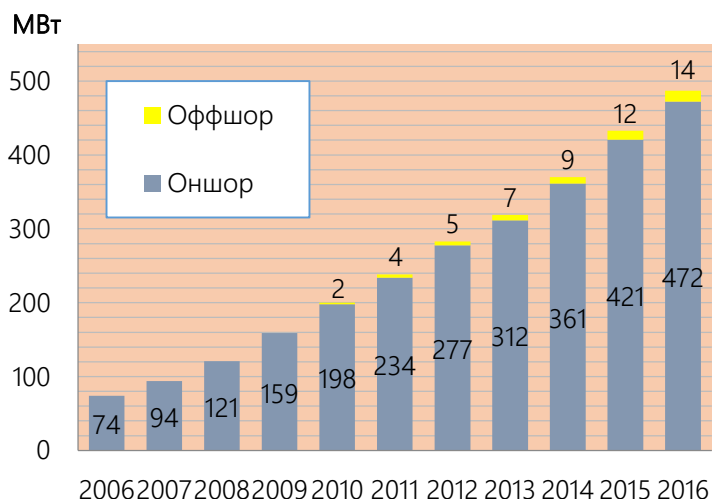


Рис. 1 Изменение мировой совокупной установленной мощности ВЭС

возведенные на суше или оншорные ВЭУ (рис. 1).

На территориях с развитой ветроэнергетикой, например, странах-членах ЕС значительные объемы внедрения новых мощностей приводят к тому, что для освоения выбираются площадки со все более низким ветропотенциалом: большинство областей высокого потенциала (класс ВЭУ I по классификации IEC [4]) уже заняты [5]. Кроме того, этот тренд поддерживается и другими технико-экономическими требованиями: географическое сближение генерации и потребления, интеграция ВЭУ в сеть [6].

Вышесказанное справедливо и для Азиатского региона, Северной Америки с той лишь разницей, что здесь довольно сильно выражено преобладание площадок среднего и низкого потенциалов, освоение которых шло с самого начала развития ветроэнергетики этих зон [6]. Иными словами, повсеместно все более используемым становятся классы IEC II и III [5].

Единичная мощность. Как видно из десятилетней статистики, собранной объединенным исследовательским центром ЕС, около 45% установленной в мире мощности ВЭУ генерируется установками 1,5-2 МВт [5], рыночная доля которых росла в последние три года. Средняя мощность ВЭУ в мире в 2014 г. составила 2,2 МВт [5].

Оборудование гондолы. Для анализа конфигурации оборудования в гондоле использована классификация, приведенная в статье Д. Хансена [7], где они разделены на 6 типов (табл. 1). Для рассматриваемого диапазона мощностей (1,5-2 МВт) наиболее часто использовалась конфигурация типа С.

Таблица 1

Классификация компоновки оборудования гондолы [7]

Тип	Описание
А	Редукторный, «белочья клетка»
В	Редукторный, с фазным ротором
С	Редукторный, двойного питания, силовой трансформатор (неполной мощности)
Д	Безредукторный
Е	Редукторный, с постоянными магнитами или внешнего возбуждения, силовой трансформатор (полной мощности)
F	Редукторный, асинхронный – «белочья клетка», силовой трансформатор (полной мощности)

В последние годы тип С увеличивал свою рыночную долю (порядка 3/4) за счет вытеснения типов А и В во всех регионах мира. И только в Европе его использование

постепенно сокращается (сейчас его доля около 50%). В Европе и Азии порядка 20-30% составляют решения безредукторного типа D, которые, однако постепенно замещаются гибридными E и F. Безредукторная схема находит особо широкое применение для установок мощностью 2-3 МВт на европейском рынке (45%). Для аналогичного сегмента мощностей в Азии преобладающим является тип F. Несмотря на то, что рынок редкоземельных элементов, используемых для производства постоянных магнитов на 90% контролируется КНР, в последние 10 лет по всему миру наблюдается рост популярности модификаций генераторов с их применением, D.PM и E.PM (Permanent Magnets) [8]. Исходя из вышесказанного, а также принимая во внимание тенденцию к увеличению средней мощности установки, можно сказать, что на сегодняшний момент преобладающим типом установки является тип C, а перспективными – типы D и F.

Ротор. В последние годы однозначно отмечается увеличение диаметра ротора. В 2015 г. он в среднем составил 100 м, при том, что еще в 2006 г. это была величина порядка 80 м [5]. Увеличение диаметра ротора преследует две задачи: увеличение его мощности и повышение коэффициента использования установленной мощности (КИУМ). За счет чего не только увеличивается выработка, но и повышается стабильность работы сети [6].

Башня. Увеличение высоты башни, прежде всего, связано с конструктивными требованиями, продиктованными увеличением диаметра ротора [5, 6]. К тому же с высотой увеличивается и скорость ветрового потока. Эффект более выражен для оншорных ВЭУ ввиду более высокого коэффициента шероховатости земной поверхности.

В период с 2006 по 2015 гг. средняя высота башни увеличилась с 78 до 85 м [5]. Основным на сегодняшний день конструктивным решением для башни ВЭУ является свободностоящая цилиндрическая стальная башня [9].

Гондола. Для рассмотренной ранее конфигурации оборудования (тип C) характерна удлиненная форма гондолы, что связано с последовательным расположением вала-трансмиссии-генератора. Часть оборудования в таком случае располагается по одну сторону от места сочленения гондолы и башни, а часть – под другую, что, помимо прочего, позволяет более выгодно с точки зрения статики располагать центр тяжести гондолы [9].

В качестве ориентировочных значений параметров гондолы можно привести вес и размеры для Vestas (табл. 2), для которой они находятся в свободном доступе. Это оншорная ВЭУ мощностью 2 МВт, класса IEC IIIБ, типичная современная сетевая установка (по всем рассмотренным выше параметрам).

Таблица 2

Размеры и вес Vestas V120-2.0 MWTM IEC IIIБ/IEC S

Гондола	Размер	3,5х5,4х10,4 м
	Вес ¹	68 т
Лопасть	Длина	59 м
Ступица	Размеры	4х3,6х4,2 м
Ротор (ступица + лопасти) ²	Вес	48 т

¹Взят вес для модели V90-2.0 MW с аналогичными параметрами гондолы и генератора;

²Экстраполированное значение веса для V90-2.0 MW с длиной лопасти 44 м.

Выводы.

1. Для рынка ВЭУ на сегодняшний день характерно увеличение доли установок мощностью свыше 1 МВт, при этом наибольшую нишу занимают агрегаты мощностью 1,5-2 МВт, а наиболее интенсивное увеличение занимаемой доли показывают установки мощностью более 3 МВт.

2. Преобладающим типом конфигурации оборудования ВЭУ является тип C, а наиболее перспективными – D, F.

3. Важной тенденцией, оказывающей влияние на параметры устанавливаемых ВЭУ, является интенсивное и повсеместное освоение площадок с низким и средним ветропотенциалом, стимулирующее увеличение диаметров ротора и высоты башни.

4. Средняя типовая ВЭУ по итогам 2016 г. имела следующие параметры:

- ветровой класс – II-III;
- мощность – 2,2 МВт;
- башня высотой – 85 м;
- ротор диаметром – 100 м;
- оборудована редуктором и генератором двойного питания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб, Изд-во Политехн. ун-та, 2016.
2. Global Wind Energy Council. Global wind energy report. Annual unupdate 2016 [Электронный ресурс]: отчет/коллектив GWEC — Брюссель, 2016. — Режим доступа: <http://gwec.net/global-figures/wind-energy-global-status/>
3. Саванкова Н. В Ульяновске Дмитрию Медведеву представили проект ветропарка [Электронный ресурс]: газетная публикация/ Н. Саванкова — Ульяновск, 2017 — Режим доступа: <https://rg.ru/2017/06/08/reg-pfo/medvedev-podderzhal-iniciativu-uvlichit-moshchnost-vetroparka-v-ulianovske.html>, свободный.
4. IEC 61400-1:2005. International Standard –International Electrotechnical Cominssion, 2014. 397 с.
5. Vazquez Hernandez, C.; Telsnig, T.; Villalba Pradas, A.; JRC Wind Energy Status Report [Электронный ресурс]: отчет/ Vazquez Hernandez — Luxembourg, 2017 — Режим доступа: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/jrc-wind-energy-status-report-2016-edition>, свободный.
6. Gipe P. Low Wind Speed and Medium Wind Speed Turbines or New Large Diameter Turbines with Low Generator Ratings [Электронный ресурс] / Paul Gipe, статья. — 2013 — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: http://www.wind-works.org/cms/index.php?id=85&tx_ttnews%5Btt_news%5D=2606&cHash=b989a0900b8d8a46a22f15376380a6f2, свободный.
7. Hansen D., Iov F., Blaabjerg F., and Hansen L.H. Review of contemporary wind turbine concepts and their market penetration, [текст] / Wind Engineering, 2004. № 3. С. 247–263.
8. Serrano-González J. and Lacal-Aránzgui R. Technological evolution of onshore wind turbines – a market-based analysis [текст] / Wind Energy, 2016, № 12. С. 2171-2189.
9. Hau, E. Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics. London, 2013. 879 с.

УДК 621.311.24

В.А. Бобков

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ИНВЕРТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СЕТЕВОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Электростанции на основе солнечных фотоэлектрических элементов (ФЭС) занимают существенную долю на рынке возобновляемых источников энергии. ФЭС состоит из множества фотоэлектрических солнечных модулей (ФСМ), инверторного оборудования, повышающих трансформаторов, систем мониторинга и контроля работы станции. Одним из ключевых компонентов преобразующего оборудования сетевой солнечной электростанции является инвертор, преобразующий постоянный ток солнечных фотоэлектрических модулей в переменный ток, который затем поступает на повышающий трансформатор и далее в энергосистему. Основными параметрами инверторного оборудования является преобразуемая электрическая мощность и коэффициент полезного действия. Надёжность электростанции

напрямую зависит от надёжности инверторного оборудования, при выходе из строя инвертора уменьшается выработка всей электростанции. Существуют две схемы применения инверторов: центральная и распределённая. Центральная схема подразумевает использование инверторов большой мощности, в распределённой схеме используется множество инверторов малой мощности. Одним из способов повышения надёжности электростанции может быть применение инверторов пониженной мощности порядка 30-40 кВт, которые имеют небольшие размеры [1].

В настоящее время большинство сетевых электростанций оборудованы промышленными инверторами, единичная мощность которых доходит до 1,5 МВт, что может составлять значительную долю от суммарной мощности всей электростанции [2]. На данный момент большинство действующих и строящихся в России солнечных электростанций имеют мощность от 5 до 25 МВт. Таким образом, мощность одного инвертора на данной электростанции может достигать до 30% мощности всей электростанции. Выход из строя инвертора означает снижение выработки до 30% [3]. В то же время, применение мощных инверторов позволяет снизить расходы на монтаж инверторного оборудования и установку дополнительного силового оборудования. Определение оптимального варианта мощностных параметров инвертора является предметом исследования.

Сравнительный анализ двух схем выбора инверторов был произведён на примере расчёта электроэнергетического оборудования сетевой солнечной электростанции с месторасположением в Оренбургской области. Выбор местоположения был обусловлен высокими показателями солнечной инсоляции в данной местности и включением данной станции в программу строительства ФЭС в России. Номинальная мощность электростанции 10 МВт, которую обеспечивают множество фотоэлектрических модулей на основе поликристаллического кремния мощностью 300 Вт. Применение центральной схемы расположения инверторов подразумевает использование меньшего количества электрических кабелей, чем с использованием распределённой схемы. Произведены расчёты режимов работы и экономические показатели двух вариантов состава ФЭС: с 10-ю центральными инверторами мощностью 1000 кВт модели ABB Ultra-1050TL и с 192-мя инверторами мощностью 34 кВт модели Solis 30k (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид инвертора ABB ULTRA 1050TL (слева) и инвертора Solis 30k (справа)

Расчёт выработки электростанции основывался на моделировании режима её работы в течение года. КПД инвертора нелинейно и зависит от его загрузки, т.е. от отношения преобразуемой в настоящий момент мощности к номинальной мощности инвертора. В свою очередь, текущая загрузка инвертора зависит от мощности тока, который вырабатывают солнечные модули. Данная мощность определяется на основе вольтамперной характеристики

(ВАХ), для моделирования ВАХ солнечных модулей использовалась пятипараметрическая модель, которая позволяет с небольшой погрешностью определить параметры вольтамперной характеристики при изменении внешних условий (интенсивность излучения, температура воздуха, скорость ветра) [4, 5]. Данные о внешних климатических условиях хранятся в базе реанализа MERRA 2, которая содержит метеорологическую информацию, экстраполированную для множества точек на земном шаре [6]. В расчётах использовались эффективные солнечные модули производства JA Solar, модели JEP-300.

Результаты расчёта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты технико-экономического расчёта двух вариантов электростанции

	Вариант 1	Вариант 2
Инвертор	ABB ULTRA-1050.0-TL	Solis-30K
Мощность одного инвертора, кВт	1000	34
КИУМ, %	15,76	15,80
Количество солнечных модулей	36000	34736
Годовая выработка, МВт·ч	14 914	14 422
Затраты на кабели постоянного тока, руб.	10 599 000	15 680 000
Чистая приведённая стоимость, руб.	566 728 000	536 977 000
Внутренняя норма доходности	18,0%	17,8%

Проведён технико-экономический расчёт двух вариантов солнечной электростанции: с применением центральной схемы инвертора большой мощности и распределённой схемы с маломощными инверторами. Моделирование режимов работы солнечных модулей проводилось на основе пятипараметрической модели. Произведён расчёт основных показателей экономической эффективности электростанции. Количество ФСМ у двух вариантов отличается из-за того, что мощности инверторов не кратные и для максимальной загрузки инверторов потребовалось разное количество ФСМ, поэтому основным критерием сравнения является показатель КИУМ, на который не влияет количество ФСМ в электростанции.

Выводы:

1. Коэффициент использования установленной мощности при использовании распределённой схемы на 0,0025% выше, чем при использовании центральной схемы инверторов.
2. Затраты на электрические кабели в электростанции с центральной схемой ниже на 32%. В целом затраты на кабели составили в центральной схеме 1,9% от стоимости всей электростанции, и экономия средств на кабелях не является столь существенной по отношению к общим капиталовложениям.
3. Чистая приведённая стоимость электростанции с распределённой схемой на 6% ниже, при этом внутренняя норма доходности практически не отличается.
4. Оптимальным вариантом по критерию максимизации КИУМ является электростанция на основе распределённой схемы.
5. При относительно небольшой разнице в показателях режимов работы станции предпочтительным с точки зрения надёжности будет являться вариант с использованием распределённой схемы инверторов.

Исследование проводилось под руководством проф. Елистратова В.В.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kouro S. et al. Grid-connected photovoltaic systems: An overview of recent research and emerging PV converter technology //IEEE Industrial Electronics Magazine. 2015. Т. 9. №. 1. С. 47-61.
2. Elasser A. et al. A comparative study of central and distributed MPPT architectures for megawatt utility and large scale commercial photovoltaic plants //IECON 2010-36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society. IEEE, 2010. С. 2753-2758.

3. Drews A. et al. Monitoring and remote failure detection of grid-connected PV systems based on satellite observations //Solar Energy. 2007. Т. 81. №. 4. С. 548-564.
4. De Soto W., Klein S. A., Beckman W. A. Improvement and validation of a model for photovoltaic array performance //Solar energy. 2006. Т. 80. №. 1. С. 78-88.
5. Елистратов В.В., Аронова Е.С. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения: учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 164 с.
6. National Solar Radiation Data Base [Электронный ресурс]: <http://rredc.nrel.gov> – Электрон. дан. – Режим доступа: http://rredc.nrel.gov/solar/old_data/nsrdb/, свободный – Загл. с экрана –Яз. англ. Дата обращения: 20.10.2017.

УДК 620.953; 662.7; 658.26

Л.В. Луцык, Г.И. Сидоренко

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Цель работы – обоснование строительства биогазовой установки с применением косубстрата.

Грамотное использование отходов от сельского хозяйства – глобальная и важная проблема в нашем мире. С одной стороны, она связана с возможностью утилизации энергии биомассы и получением из неё жидкого и газообразного топлива (биогаза), с другой стороны способствует предотвращению загрязнения водных объектов, заражения почвенного покрова земли патогенными микроорганизмами, которые находятся в навозных стоках животноводческих ферм [1]. Таким образом, актуальной задачей является поиск эффективных технологических решений по переработке отходов животноводства и получения полезной энергии и продуктов.

Для обеспечения высокого производства биогаза и биоудобрений до начала строительства биогазовой установки нужно учитывать условия, необходимые для её эффективной работы. Для достижения этих целей необходимо оптимизировать цепочку производства биогаза для обеспечения экономической жизнеспособности и экологической устойчивости при использовании различных сырьевых материалов (сельскохозяйственных, агропромышленных и энергетических культур). Различия в характеристиках материалов позволяют создавать искусственные системы оптимальные для функционирования микробных сообществ и управлять процессами за счет формирования смесей для анаэробного сбраживания (без доступа кислорода) и компостирования без использования дополнительных реагентов. Одним из современных направлений повышения выхода биогаза является коферментация, т.е. совместное сбраживание отходов растительного и животного происхождения. Навоз может быть отличным базовым субстратом для совместного сбраживания, поскольку обладает высоким содержанием воды, высокой буферной способностью и широким спектром необходимых питательных веществ для анаэробных бактерий. Свиной навоз имеет низкий потенциал производства биогаза (0,340-0,580 м³ на 1 кг сухого вещества), таким образом его сбраживание должно быть усилено добавочным субстратом (косубстратом). Косубстраты включают: сельскохозяйственные остатки, промышленные органические побочные продукты и биоэнергетические культуры. Растительный субстрат дает значительно больший выход биогаза по сравнению с отходами животного происхождения, что объясняется более высоким содержанием различных факторов роста (таких как, аминокислоты и редуцирующие сахара) [2, 3].

В работе была проведена комплексная оценка оптимальной цепочки производства биогаза при совместном сбраживании свиного навоза (СН) с тремя различными добавочными субстратами: силос сахарной свеклы (СС), отработанный грибной компост (ОГК) и

органические отходы от пищевой промышленности (отходы от предприятий по переработке фруктов и оливкового масла(ОМ)) [2].

Было проанализировано влияние состава, загружаемого в биогазовую установку (БГУ) материала с разными массовыми соотношениями. Во всех случаях анаэробное сбраживание происходило в мезофильных условиях (25–40°C). Проведённый анализ показал, что увеличенный выход биогаза, полученный при использовании СС в качестве косубстрата до соотношения 25%СС+75%СН, приводит к улучшению баланса энергии и парниковых газов, но он не компенсирует увеличение затрат из-за больших затрат на ввод СС, главным образом из-за увеличения затрат на поставку сырья. Единственным жизнеспособным составом является смесь, содержащая 0% СС [3].

Косубстрат ОГК можно применять в качестве совместного сбраживания только до соотношения: 25%СН+75%ОГК, не влияя на производство биогаза, однако ОГК требует длительного сбраживания, из-за высокого содержания лингина. Содержание метана не сильно отличалось соотношениями смешивания СН и ОГК (48,6÷55,7%), но было небольшое снижение процента метана в сценариях с меньшим процентом ОГК по сравнению со сценариями с большим процентом ОГК, это связано с увеличением щёлочности. Средний выход биогаза составляет 4,1 л/день. Полученный биогаз имел хорошее качество (среднее содержание метана в биогазе более 60%) [4].

Использование грушевых отходов (ГО) в качестве косубстрата возможно до соотношения 80%СН и 12,5%ГО, увеличение процента ГО в смеси не привело к статистически значимому производству биогаза из-за высокого содержания волокна, низкого pH и буферной способности, тогда как ОМ показал выход метана в 2,4 раза больше, чем 100%СН. Основным эффектом добавления ГО было увеличение количества органического вещества [5].

Результаты показали, что предпочтительным решением с точки зрения баланса энергии и парниковых газов может быть использование небольшой доли СС в качестве косубстрата на БГУ среднего и крупного размера, но использование энергетических культур является дорогостоящим видом сырья. С экономической точки зрения ОГК и ОМ могут обеспечить жизнеспособный проект для совместного сбраживания с СН. Основной проблемой, связанной со сбраживанием ГО, является поддержание устойчивого pH. Таким образом, повышение выхода биогаза может сыграть важную роль в отношении рентабельности производства биогаза. Однако, результаты указывают на то, что для получения рентабельности производства биогаза предпочтительнее использование косубстрата с низким доходом, также влияние оказывают и субсидии на газ [2-6].

Можно сделать вывод, что рентабельность производства биогаза на БГУ тесно связана с такими факторами, как размер установки, стоимость сырья, первоначальные инвестиции, затраты на хранение и транспортировку, а также выход биогаза.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Малофеев В.М. Биотехнология и охрана окружающей среды: Учебное пособие. М.: Издательство Арктос, 1998. 188 с.
2. Albuquerque J.A., de la Fuente C., Ferrer-Costa A., et al. Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues. *Biomass and Bioenergy*. 2012. N 40.pp. 181-189.
3. Boldrin A., Raj Baral K., Fitamo T., et al. Optimised biogas production from the co-digestion of sugar beet with pig slurry: Integrating energy, GHG and economic accounting. *Energy* 112, 2016, pp. 606-17.
4. Nguyen Vo Chau Ngan, Fricke K. Energy recovery from anaerobic co-digestion with pig manure and spent mushroom compost in the Mekong Delta. *Journal of Vietnamese environment*, 2012, pp. 4-9.
5. Campos E., Palatsi J., Flotats X. Codigestion of pig slurry and organic wastes from food industry. *Proceedings of the ii international symposium on anaerobic digestion of solid waste*. 1999, pp. 192-195.
6. Møller J, Boldrin A, Christensen TH. Anaerobic digestion and digestate use: accounting of greenhouse gases and global warming contribution. *Waste Manag Res* 2009;27:813-24.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Секция «Гидротехническое строительство».....	3
<i>Семанина Е.П., Беляев Н.Д.</i> Классификация причин возникновения размыва дна у причальных стенок.....	3
<i>Семанина Е.П., Беляев Н.Д.</i> Инженерные мероприятия по защите от размыва основания причальной стенки в условиях высокой интенсивности движения судов, а также высокой ответственности сооружения.....	6
<i>Семанина Е.П.</i> Организация ремонтных работ на причальных сооружениях в условиях действующего порта.....	9
<i>Шабалова О.П., Беляев Н.Д.</i> Увеличение причальной линии кордона причалов №№ 4, 5 в морском порту Новороссийск	12
<i>Бухарцев В.Н., Кузина А.Д.</i> Применение программного комплекса GeoStudio для оценки устойчивости обводненного грунтового откоса	15
<i>Фам Н.Т., Бухарцев В.Н.</i> Определение поверхности обрушения в задаче несущей способности нескального основания	18
<i>Рагулин К.Г., Кузина А.Д., Хрестьяновская М.В.</i> Ремонт металлической шпунтовой стенки причала с использованием гермокамеры	21
<i>Рагулин К.Г., Кузина А.Д., Хрестьяновская М.В., Беляев Н.Д.</i> Расчет конструкций крепления дна перед причалом для защиты от размывов судовыми движителями.....	24
<i>Хрестьяновская М.В., Рагулин К.Г., Кузина А.Д.</i> Влияние размывов каменной постели гравитационного сооружения на его безопасную эксплуатацию	27
<i>Хрестьяновская М.В., Рагулин К.Г., Кузина А.Д., Беляев Н.Д.</i> Сопоставление вариантов ремонта защиты дна от размывов движителями судна	29
<i>Шонина Е.В.</i> Сравнение вариантов конструкций причальной стенки при расчете в SCAD	32
<i>Курьшова А.В., Маколин И.А., Семенов Д.С., Беляев Н.Д.</i> Увеличение размеров тетраподов для использования в оградительных сооружениях	35
<i>Граков В.О., Выдряков А.В., Беляев Н.Д.</i> Сравнение оградительных сооружений из оболочек большого диаметра и массивов-гигантов для условий Балтийского моря.....	38
<i>Выдряков А.В., Граков В.О., Беляев Н.Д.</i> Сравнение методик расчета оградительных сооружений из оболочек большого диаметра	41
<i>Дадайкина Д.В.</i> Системный подход к определению технического состояния болюверков	43
<i>Барауля К.А.</i> Последствия нарушения этапов строительства при возведении подземного паркинга	46
<i>Вахрушева С.В., Мартыненко Е.А., Старицына А.А.</i> Бассейны для глубоководного дайвинга	48
<i>Бабаевская О. Н.</i> Моделирование поведения буровой установки при постановке на месторождении	51
<i>Гонякина Е.Н., Беляев Н.Д.</i> Варианты конструкций грузовых причалов № 2, 3 в морском порту Новороссийск.....	54
<i>Субботина Е.В.</i> Разработка вариантов реконструкции причальной набережной Череповецкого речного порта.....	57
<i>Третьякова И.Н.</i> Постановка самоподъемной буровой установки в Охотском море	60
<i>Бухарцев В.Н., Кискин А.В.</i> Применение программного комплекса SCAD для оценки устойчивости бетонного сооружения на нескальном основании.....	62

<i>Кононова А.Н., Смоленкова А.В., Корсун В.И.</i> Поэтапная оценка несущей способности железобетонной плиты перекрытия в процессе её усиления	65
<i>Кобринец А.М.</i> Морские плавучие буровые установки в условиях северных морей.....	68
<i>Иванов М.О., Беляев Н.Д.</i> Сравнение вариантов реконструкции шлюза Волховского гидроузла	71
<i>Курило Е.Ю., Павлов А.М., Шарапов Д.А.</i> Стабилизация искусственных ледовых островов гравитационного типа на нескальных основаниях.....	74
<i>Гаврилов Н.Н., Шарапов Д.А.</i> Причал ячеистой конструкции на Карском море.....	77
<i>Дмитриев И.И., Тутаркова З.И., Царева О.С.</i> Проблемы перехода с асфальтобетона на цементобетон в России.....	80
<i>Царёва О.С., Дмитриев И.И.</i> Использование стохастического моделирования для оценки метода определения деформаций по изменениям расстояний	82
<i>Дмитриев И.И., Царёва О.С.</i> Насосное гидроэлектрическое хранилище	85
<i>Кутин Д.А., Погонин С.Ю., Липатова А.А., Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д.</i> Изучение работы электронного нивелира SOKKIA SDL50 в условиях ограниченной видимости нивелирной рейки	87
<i>Черняев К.Ю., Кузнецов Д.А., Того И.А.</i> Ремонт подводных бетонных поверхностей	90
<i>Панютина П.Е., Фролова И.Е.</i> Восстановление крепления нижнего бьефа Рождественского гидроузла на реке Оредеж.....	93
<i>Клушеницев В.А., Мартыненко Ю.А., Мырза А.А., Чернов П.В., Чижевский А.Н.</i> Моделирование волнового воздействия для обоснования мероприятий по берегозащите: Саратовское водохранилище, город Хвалынский	95
<i>Багмут А.В.</i> Анализ формирования динамически устойчивого откоса на дамбах комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений на основе данных натурных наблюдений	99
<i>Толстов А.С.</i> Методика и результаты наблюдений за деформациями портовых сооружений.....	102
<i>Борсук В.В., Павлов А.А., Фролова И.Е.</i> Рыбопропускное сооружение гидроузла на реке Кажым.....	104
<i>Гаврилов Н.Н., Шарапов Д.А.</i> Причал ячеистой конструкции на Карском море.....	106
<i>Иванов П.С.</i> Метод подвижных клеточных автоматов в гидротехнических расчетах	109
<i>Коровина В.К., Красова А.В., Носова Я.И., Беляев Н.Д.</i> Использование трубошпунта в гидротехническом строительстве	111
<i>Мальшиев К.В.</i> Формирование и трансформация паводка на горных реках.....	114
<i>Мистяков Р.И., Лучина И.С., Фролова И.Е.</i> Выбор конструкции и оптимального размера строительного водосброса	116
<i>Омелько Ю.К., Беляев Н.Д.</i> Анализ результатов обследования конструкции сухих доков...	119
<i>Харсеев А.Е., Ворошилов Д.Д.</i> Возведение причальной подпорной стенки из шпунтовых свай с использованием морской самоподъемной платформы.....	122
<i>Абдылдаев Э.А., Лавров Н.П.</i> Особенности технологии водозабора и конструкции водозаборного сооружения деривационной ГЭС Иссык-Ата-2 в Кыргызстане.....	125
<i>Габитова Г.А., Заборова Д.Д., Петриченко М.Р.</i> Гидравлические задачи фильтрации технологии быстрой откачки	128
<i>Данилова М.А., Макеева В.А., Любимый Н.М., Седов К.Д.</i> Проблемы гидродинамической устойчивости плавучих батопортов судопропускного сооружения С1 комплекса защиты Санкт-Петербурга от наводнений	131
<i>Макаримова А., Лаворчик М.В., Беляев Н.Д.</i> Влияние конструкции ГТС на процесс размыва	133

Секция «Природообустройство»	136
<i>Горбовская А.Д., Вырышева К.Н.</i> Биологическая активность торфяных почв	136
<i>Глушченко Л.А., Горбовская А.Д.</i> Сравнительный анализ зарубежных стандартов экологического строительства и их применение в России	139
<i>Ильина М.С., Горбовская А.Д.</i> Экологичность и безопасность строительных материалов	143
<i>Кравченко М.А., Степанчук Т.А., Горбовская А.Д.</i> Дом: дерево или камень?	145
<i>Литатова А.А., Степанчук Т.А., Горбовская А.Д.</i> Строительство на загрязненных территориях на примере Невского района: экологическое состояние Невского района Санкт-Петербурга	147
<i>Сапоненко В.В., Горбовская А.Д.</i> Современное озеленение в благоустройстве территорий г. Санкт-Петербурга	150
<i>Жирнова А.С.</i> Новое функциональное использование заброшенных промышленных территорий, расположенных в черте города	152
<i>Скворцова О.С., Федосеев Д.А., Бизяева И.О.</i> Использование несъемной опалубки Велокс (Velox) в строительстве малоэтажных жилых домов	155
<i>Скворцова О.С., Сергеева Т.А.</i> Оценка риска аварий гидротехнических сооружений	158
<i>Скворцова О.С., Каскелайнен О.М., Земба В.А., Бобков Е.П.</i> Проблема реновации промышленных зон Санкт-Петербурга	160
<i>Бизяева И.О., Федосеев Д.А., Скворцова О.С.</i> Перспективы использования домов на всплывающем основании	163
<i>Давыдова Я.С., Павлов С.Я.</i> Ликвидация антропогенных водоемов малого объема	166
<i>Иванова А.С., Павлов С.Я.</i> Канализационная насосная станция: предложения по модернизации	169
<i>Павлов С.Я., Куликова А.В., Воронин А.Д.</i> Использование BIM технологий для подсчета объемов земляных работ на примере Сухого пруда в Ораниенбаумском парке.....	171
<i>Воронин А.Д., Куликова А.В., Павлов С.Я.</i> Восстановление водоемов в странах Европы.....	174
<i>Ильина М.С., Сабитова М.А., Гаврюшина А.Г., Полякова В.Д., Волкова Ю.В.</i> Направления зеленого строительства и их перспективы	176
<i>Степанчук Т.А., Кравченко М.А., Волкова Ю.В.</i> Формирование зеленых насаждений на территориях санитарно-защитных зон промышленных предприятий	178
<i>Боровик Е.А., Гадылишина А.Р., Кутузова К.Р., Никонова О.Г.</i> Перспективные методы демонтажа зданий и сооружений в условиях плотной застройки.....	182
<i>Григорьев С.А., Митенева Е.В., Терлеев В.В.</i> Особенности сервитута при строительстве линейных объектов	184
<i>Григорьев С.А., Юртаева Т.С., Терлеев В.В.</i> Проблематика кадастрового учета охранных зон при строительстве объектов электросетевого хозяйства.....	187
<i>Григорьев С.А., Козырева Е.В., Плотникова А.Ю.</i> Реструктуризация государственной учетной политики при осуществлении процедур кадастрового учета и регистрации прав на существующие и возводимые объекты строительства.....	190
<i>Заварин Б.В., Малыгина А.С.</i> Экологические аспекты изъятия земельных участков для государственных и муниципальных нужд.....	192
<i>Заварин Б.В., Федоров Г.Г.</i> Совершенствование алгоритмов фискальной функции государства в экологизированных системах землепользования (по материалам Псковской области)	195
<i>Козырева Е.В., Инишина Ю.Ю., Ильина В.Ю.</i> Некоторые результаты экологической эффективности использования сельскохозяйственных земель в АПК государства	198
<i>Козырева Е.В., Годизов З.О., Костицына А.Е.</i> Территориальное планирование в аспекте формирования агроландшафтов	200
<i>Козырева Е.В.</i> Эколого-экономические тенденции управления земельно-ресурсным потенциалом АПК (методологический аспект)	203

<i>Кулигин А.А., Стрекулев Г.Б.</i> Контроль предприятий в сфере экологической безопасности водных ресурсов.....	206
<i>Мильчаков Н.В., Журавлева И.А., Терлеев В.В.</i> Актуальность кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения	209
<i>Мирошина В.С., Грик А.Р.</i> Оценка ущерба от загрязнения земель при их изъятии	211
<i>Мифтахова Р.Р., Виноградова И.А.</i> Реализация процедуры формирования границ сельского населенного пункта на примере деревни Починок Вологодской области	213
<i>Мифтахова Р.Р., Кузьмин А.И.</i> Проблемы при получении земельных участков по программе «Дальневосточный гектар».....	216
<i>Наймушина Е.А.</i> Создание геоинформационной основы для планирования и организации территориальных систем	218
<i>Тимофеева Н.М., Халиков Д.Р.</i> Этапы формирования земельного участка под многоквартирным домом (на примере г. Уфы республики Башкортостан)	220
<i>Уварова Е.Л., Авдеева В.В., Терлеев В.В.</i> Пути повышения эффективности организации застроенных территорий	223
<i>Уварова Е.Л., Мантаева А.Е.</i> Реализация алгоритмов предоставления земельных участков для промышленных объектов (по материалам Ленинградской области)	226
<i>Уварова Е.Л., Кравцова Т.С., Терлеев В.В.</i> Эффективность компенсационных платежей при строительстве линейных объектов в Российской Федерации	229
<i>Шишов Д.А., Уварова Е.Л., Терлеев В.В.</i> Актуальность и перспективы государственной политики РФ в сфере оборота объектов недвижимости	231
<i>Шишов Д.А., Ильина В.Ю., Инишина Ю.Ю.</i> Экологические аспекты использования и охраны земельных ресурсов как основа жизни и деятельности населения	234
<i>Яременко С.В., Саликов И.И.</i> Совершенствование эколого-правовых аспектов обеспечения правового режима земель Российской Федерации.....	237
<i>Лазарев В.А., Гиневский Р.С., Новикова И.И.</i> Аппроксимация отношения функции гидравлической проводимости почвы к коэффициенту фильтрации	240
<i>Гиневский Р.С., Лазарев В.А., Уварова Е.Л.</i> Использование набора моделей гистерезиса водоудерживающей способности почвы для расчета сорбционных и десорбционных ветвей в программе «HYSTERESIS»	242
<i>Лазарев В.А., Гиневский Р.С., Кулова А.А.</i> Обоснование математического описания отношения гидравлической проводимости почвы к коэффициенту фильтрации по данным о водоудерживающей способности почвы.....	245
<i>Гиневский Р.С., Лазарев В.А., Уварова Е.Л.</i> Сравнение четырех математических моделей гистерезиса водоудерживающей способности почвы по критерию точности аппроксимации опытных данных о главных ветвях петли.....	248
<i>Унтила М.А., Гиневский Р.С., Лазарев В.А.</i> Использование данных о водоудерживающей способности для оценки относительных значений функции гидравлической проводимости почвы.....	251
<i>Букова М.И., Бондал А.С., Моисеев К.Г.</i> Определение коэффициента фильтрации методом педотрансферных функций	253
<i>Дунаева Е.А., Попович В.В., Терлеев В.В., Мельничук А.Ю.</i> Оценка экологических рисков в водно-экономическом комплексе	256
<i>Дунаева Е.А., Попович В.В., Мельничук А.Ю., Терлеев В.В.</i> Качество питьевой водопроводной воды.....	258
<i>Попович В.В., Терлеев В.В., Дунаева Е.А., Мельничук А.Ю.</i> Опреснение морской воды – один из способов решения водохозяйственной проблемы в Крыму	261
<i>Никоноров А.О., Баденко В.Л.</i> Расчетное обоснование систем противопаводковых саморегулируемых гидроузлов на речном бассейне в среде ГИС	262

<i>Никоноров А.О., Акимов Л.И.</i> Методологические основы обоснования распределенных на речном бассейне систем противопаводковых гидроузлов	266
<i>Никоноров А.О., Гарманов В.В.</i> Гидрологическое моделирование речных бассейнов в среде ГИС и связанные с ним ограничения	269
<i>Моисеев К.Г., Букова М.И.</i> Расчет основной гидрофизической характеристики почвы на основе PSF-модели.....	272
<i>Зинчук Е.Г., Моисеев К.Г., Букова М.И.</i> Дополнение к технологии отбора образцов ненарушенного сложения для экспериментального определения функции водоудерживающей способности почвы	275
Секция «Строительство объектов возобновляемой энергетики»	279
<i>Богун И.В.</i> Методика проектирования ВДЭС с учетом суровых климатических условий	279
<i>Рамадан А.</i> Определение энергетического потенциала солнечных и ветровых ресурсов на территории Сирии.....	282
<i>Усманаев А.И.</i> К вопросу об использовании установок на основе возобновляемых источников энергии в интеллектуальных сетях Smart Grid.....	285
<i>Девятова К.А.</i> Перспективы развития малой гидроэнергетики Республики Дагестан....	287
<i>Крамаренко Н.А.</i> Сравнительный анализ использования шевронных и комбинированных уплотнений гидроцилиндров	289
<i>Попов А.А.</i> Обоснование модернизации оборудования Чиркейской ГЭС	292
<i>Шумейко М.В.</i> Энергоснабжение северных территорий России.....	294
<i>Шумилина А.М.</i> Работа ГАЭС в энергосистеме	297
<i>Мрязева О.А.</i> Анализ состава и параметров электроэнергетического оборудования современных сетевых ВЭУ	300
<i>Газизов Р.И.</i> Особенности транспортировки и монтажа ВЭС на о. Котлин	303
<i>Дернакова А.В.</i> Оценка гидроэнергетических ресурсов р. Янцзы и особенности их использования	305
<i>Москалюк А.И.</i> Современное состояние использования тепловых насосов для бытовых нужд и эффективность их применения в Ленинградской области	308
<i>Черновол П.К.</i> Перспективы развития Ангарского каскада ГЭС	311
<i>Алексеева А.О.</i> Особенности создания и работы автономных энергокомплексов на основе ВИЭ для северных условий	313
<i>Игнатов Е.М.</i> Анализ развития технологий фотоэлектрических элементов для промышленного использования	316
<i>Касина В.И.</i> Перспективы развития энергоснабжения изолированных территорий России	318
<i>Макарова Е.В.</i> Электроснабжение прибрежных потребителей северных районов с помощью плавучих ветроэлектростанций.....	321
<i>Малашенко Е.В.</i> Обоснование социально-экономической целесообразности строительства объектов ВИЭ в республике Саха (Якутия)	324
<i>Петров С.Г.</i> Анализ цены производства энергии на ВЭУ и пути снижения общих капитальных вложений.....	327
<i>Смирнова М.С.</i> Развитие солнечных элементов: работа, эффективность, стоимость.....	330
<i>Олексейчук М.В.</i> Использование энергокомплексов на базе возобновляемых источников энергии для защиты газопроводов от коррозии	333
<i>Гусев В.В.</i> Актуальные для современного рынка параметры сетевых оншорных ветроэлектрических установок	335
<i>Бобков В.А.</i> Исследование оптимальной структуры инверторного оборудования сетевой фотоэлектрической электростанции	338
<i>Луцык Л.В., Сидоренко Г.И.</i> Обоснование строительства биогазовой установки.....	341

Неделя науки 2017 :
материалы научного форума с международным участием.
Инженерно-строительный институт.
Кафедра водохозяйственного и гидротехнического строительства. –
СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 348 с.

Оригинал-макет подготовлен техническим редактором Беляевым Н.Д.