

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ–ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Приоритетный национальный проект «Образование»
Национальный исследовательский университет**

Н. И. Ватин Г. Я. Булатов
Н. Б. Колосова М. В. Петроченко

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ
И БЕТОННЫХ РАБОТ**

Учебное пособие

Санкт-Петербург
Издательство Политехнического университета

2013

УДК
ББК
С

Ватин Н.И., Колосова Н.Б., Булатов Г.Я., Петроченко М.В.. **Технология возведения зданий и сооружений. Технологические решения земляных и бетонных работ:** учеб. пособие. Н. И. Ватин, Н. Б. Колосова, Г. Я. Булатов, М. В. Петроченко. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. - 103 с.

Настоящее учебное пособие является изданием, в котором изложены основные положения проектирования технологии земляных и бетонных работ нулевого цикла. Практически ни одно современное строительство объектов гражданского, промышленного и сельскохозяйственного назначения не обходится без разработки котлована и устройства в нём бетонной части фундамента.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по основной образовательной программе подготовки магистров «Управление качеством в строительстве» по направлению «Строительство». Оно может быть также использовано в системах повышения квалификации и в учреждениях дополнительного профессионального образования.

Работа выполнена в рамках реализации программы развития национального исследовательского университета «Модернизация и развитие политехнического университета как университета нового типа, интегрирующего мультидисциплинарные научные исследования и надотраслевые технологии мирового уровня с целью повышения конкурентоспособности национальной экономики»

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

© Ватин Н.И., Колосова Н.Б., Булатов Г.Я.,
Петроченко М.В., 2013

© Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Общие положения	7
1.1. Основные термины и понятия.....	7
1.1. Виды котлованов и карьеров	8
1.3. Основные положения по проектированию земляных работ.....	11
Глава 2. Технологические решения при производстве земляных работ	14
2.1. Подготовительные работы. Общие положения.....	14
2.2. Осушение котлованов.	17
2.2.1. Способы осушения котлованов и область их применения .	17
2.2.2. Сокращение стоимости осушения котлованов	29
2.3. Расчеты объёмов работ	32
2.3.1. Общие положения	32
2.3.2. Способы определения объёмов земляных работ	33
2.3.3. Определение объёмов выемок (котлованов)	34
2.4. Предварительный календарный график и интенсивность работ..	41
2.5. Технологические решения по снятию растительного слоя; определение вида строительной техники и его количества	42
2.5.1. Общие положения	42
2.5.2. Определение схемы снятия растительного слоя	44
2.5.3. Определение эксплуатационной производительности бульдозера	46
2.5.4. Определение расчётного и проектного числа машин	49
2.5.5. Определение интенсивности и проектного времени выполнения работ по снятию растительного слоя	50
2.6. Технологические решения по разработке котлована, определению видов строительной техники и их количества	51
2.6.1. Подбор землеройной машины (экскаватора)	51
2.6.2. Расчёт числа экскаваторов как ведущих машин	54
2.6.3. Расчёт проектного числа ведущих машин	57
2.6.4. Особенности расчёта числа ведомых машин	59
2.6.5. Выбор и расчёты числа автосамосвалов	59

2.6.6. Расчёты оптимальной ширины забоя экскаватора типа «прямая лопата» и уточнение сроков строительства	62
2.7. Планировка дна котлована	69
2.8. Выбор и расчёты машин для уплотнения грунта основания	70
Глава 3. Технологические решения при производстве бетонных работ	72
3.1. Бетонирование фундаментной плиты с помощью кранов	72
3.1.1. Расчёты объёмов работ	72
3.1.2. Выбор и расчёты числа бетоносмесителей как ведущих машин	73
3.1.3. Выбор бадей и кранов	74
3.1.4. расчёты производительности и числа кранов при выполнении бетонирования	77
3.1.5. Выбор размеров блоков бетонирования	78
3.1.6. Установка арматуры и опалубки	80
3.1.7. Выбор и расчёт числа бетоновозов для крана	81
3.1.8. Выбор и расчёт числа бетоноуплотнителей	83
3.1.9. Расчёт времени работ в блоке и на сооружении	85
3.2. Бетонирование фундаментной плиты с помощью автобетононасоса	86
3.2.1. Выбор и расчёт числа автобетононасосов как ведущих машин	86
3.2.2. Выбор и расчёт числа автобетоносмесителей для автобетононасосов	86
3.2.3. Расчёты размеров блоков бетонирования	87
3.2.4. Выбор и расчёт числа бетоноуплотнителей	87
3.2.5. Расчёт сроков работ для автобетононасоса	87
Заключение	88
Список использованных источников	93
ПРИЛОЖЕНИЯ	95

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебное пособие предназначено для выполнения студентами строительных специальностей некоторых разделов по производству земляных и бетонных работ в курсовых и дипломных проектах.

Авторы ставили своей целью предоставить студентам любой формы обучения необходимый материал для изучения технологических процессов в строительстве, а также развить у студентов способности самостоятельно принимать решения по оптимизации технологических разработок при выполнении земляных и бетонных работ.

Пособие подготовлено на основе анализа и обобщения существующих подходов по принятию технологических решений при производстве работ.

Однако в имеющейся литературе, по мнению авторов, не достаточно полно отражены теоретические положения подбора строительной техники и оборудования, используемого при строительстве земляных и бетонных сооружений.

В данном учебном пособии рассматривается ряд теоретических вопросов по разработке системы критериев, позволяющей определить необходимый вариант оборудования при производстве таких работ. Здесь приводятся основные расчётные зависимости, необходимые для оценки и выбора наиболее оптимального варианта строительной техники; предлагаются соответствующие критерии выбора и способы их применения.

Самостоятельная работа с пособием и спектр вопросов, отраженных в нём, позволит студентам более квалифицированно использовать современные подходы при определении вида строительной техники и технологии, принимать оптимальные технологические решения при производстве земляных и бетонных работ.

Материал учебного пособия также может быть полезен для слушателей повышения квалификации и профессиональной переподготовки.

Авторы с благодарностью отнесутся к любым замечаниям и отзывам по пособию, которые просят присылать по адресу 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, Гидрокорпус-2, кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений».

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Основные термины и понятия

Технология строительства представляет собой совокупность производственных процессов, которые осуществляют непосредственно на строительной площадке. Она включает в себя не только основные строительные-монтажные, но и дополнительные процессы, включая и специальные, как в период подготовки к строительству так и во время проведения основных работ.

Строительное производство представляет собой две системы: технологию строительного производства и его организацию, каждая из которых имеет свою сущность и научные основы [21].

При возведении зданий и сооружений строительные работы разбиваются на *периоды* и стадии, называемые *циклами*. Так, после подготовительного периода осуществляют работы первой стадии – нулевого (подземного) цикла.

Известно, что технология строительного производства представляет собой совокупность двух подсистем: технологию строительных процессов и технологию возведения зданий и сооружений.

Теоретические основы *технологии строительных процессов* определяют методы и способы их выполнения

Технология возведения зданий и сооружений определяет регламенты практической реализации комплекса строительных, монтажных и специальных работ, их взаимоувязки во времени и пространстве с целью получения продукции в виде зданий и сооружений.

Земляные работы – общестроительные работы, связанные с разработкой, транспортировкой и укладкой грунтовых масс.

Земляные работы присутствуют при возведении почти всех сооружений и на всех этапах строительства промышленных и гражданских объектов.

Земляные сооружения делят на выемки и насыпи.

Выемки – земляные объекты, расположенные ниже дневной поверхности земли – котлованы, карьеры, каналы, траншеи и др.

Насыпи – земляные объекты, расположенные на отметках выше дневной поверхности земли – отвалы, кавальеры, дорожное полотно и др. К насыпям следует отнести и *обратные засыпки* ранее разработанных выемок.

Полувыемки – сооружения с преобладанием выемки.

Полунасыпи – сооружения с преобладанием насыпи.

В зависимости от назначения различают выемки профильные и непрофильные.

Профильные выемки (деловые) являются частью строящихся сооружений. *Непрофильные* – выемки для получения грунтов для насыпи (карьеры, резервы) и дополнительные выемки по условиям производства работ.

Бетонные работы – общестроительные работы, связанные с приготовлением, транспортировкой, укладкой бетонной смеси или установкой бетонных конструкций.

Блок бетонирования (захватка) – часть бетонной конструкции, в которой соблюдается определённый температурный режим, обеспечивающий ее монолитность и отсутствие в ней трещинообразования.

Последовательность бетонирования – определённая очередность проведения бетонных работ в блоках.

1.2. Виды котлованов и карьеров

Котлованами называют выемки временного характера, устраиваемые в грунте и предназначенные для различных целей, например:

- 1) устройство фундаментов,
- 2) монтаж подземных конструкций и оборудования,
- 3) прокладка туннелей и коммуникаций и т.п.

Размеры котлованов и его глубина устанавливаются проектом сооружения и зависят от отметки залегания грунтов, способных вы-

держат нагрузку от сооружения, глубины промерзания грунта, условий эксплуатации и других факторов.

По своему назначению и особенностям котлованы различают:

- 1) неглубокие (до 2 м),
- 2) глубокие (свыше 2 м),
- 3) с вертикальными стенками,
- 4) с наклонными стенками,
- 5) с естественными откосами (устраивают в сухих и маловлажных устойчивых грунтах) (рис.1.1.),
- 6) с откосами, закреплёнными искусственным способом,
- 7) сухие котлованы (при практическом отсутствии в них грунтовых вод),
- 8) котлованы, разрабатываемые в водонасыщенных грунтах и требующие водопонижения.



Рис. 1.1. Котлован

Карьер (от фр. *carrière*, разрез) представляет собой совокупность горных либо земляных выработок, образованных при добыче полез-

ных ископаемых либо строительного материала открытым способом, и представляет собой выемку постоянного характера.

В зависимости от названия добываемого материала карьеры различают: песчаные, каменные, угольные (угольные разрезы), мраморные и т.п. В зависимости от наличия воды различают незатопленные (рис.1.2.) и затопленные карьеры (рис.1.3.).



Рис.1.2. Незатопленный песчаный карьер



Рис.1.3. Затопленный каменный карьер

1.3. Основные положения по проектированию земляных работ

1. При производстве земляных работ следует соблюдать требования сводов правил по организации строительного производства, геодезическим работам, технике безопасности, правилам пожарной безопасности и др.

2. Земляные сооружения должны соответствовать проекту и выполняться в соответствии с проектом производства работ.

3. При разработке карьеров необходимо соблюдать требования единых правил безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

4. Применяемые при возведении земляных сооружений грунты, материалы, изделия и конструкции должны удовлетворять требованиям проектов и соответствующих стандартов. Замена предусмотренных проектом грунтов, материалов, изделий и конструкций, входящих в состав возводимого сооружения или его основания, допускается только по согласованию с проектной организацией и заказчиком.

5. Производство земляных работ последовательно включает следующие этапы:

- a) подготовительный;
- b) опытно-производственный (при необходимости);
- c) производство основных работ;
- d) контроль качества;
- e) приемка работ.

6. Разработка котлованов, траншей, выемок, устройство насыпей и вскрытие подземных коммуникаций в пределах охранных зон допускаются при наличии письменного разрешения эксплуатирующих организаций и заключения специализированной организации по оценке влияния строительных работ на техническое состояние коммуникаций.

7. Экологические требования к производству земляных работ устанавливаются в проекте организации работ (ПОС) в соответствии

с действующим законодательством, стандартами и документами директивных органов, регламентирующими рациональное использование и охрану природных ресурсов.

Мероприятия по сохранению природной структуры и свойств грунтов в основании включают:

- a) защиту котлована от попадания поверхностных вод;
- b) ограждение котлована и грунтов основания водонепроницаемой стенкой ("стена в грунте", ограждения из шпунта, буросекущихся свай и т.п.);
- c) снятие гидростатического давления путем глубинного водоотлива из подстилающих слоев, содержащих воду;
- d) исключение притока воды в котлован через дно;
- e) исключение динамических воздействий во время откопки котлованов землеройными машинами с помощью защитного слоя грунта недобора;
- f) защиту грунта основания от промерзания.

8. Необходимо принять меры против возможных деформаций существующих сооружений и коммуникаций, а также нарушений устойчивости откосов котлованов.

Перенос (переустройство) действующих подземных коммуникаций и разработка грунта в местах их расположения допускаются лишь при наличии письменного разрешения организации, ответственной за эксплуатацию коммуникаций.

9. При разработке котлована в водонасыщенных грунтах следует предусматривать меры, исключаящие оплывание откосов, суффозию и выпор грунта основания.

10. В процессе производства должен систематически выполняться входной, операционный и приемочный контроль качества строительных работ техническим персоналом строительной организации и представителями авторского надзора и заказчика с привлечением представителя строительной организации, а также представите-

лей изыскательской и других специализированных организаций и фиксироваться записью в журнале производства работ, актом промежуточной проверки или актом приемки скрытых работ, в том числе актом приемки отдельного подготовленного участка основания.

11. При приемке подготовленного основания до начала работ по устройству фундаментов должно быть установлено соответствие расположения, размеров, отметок дна котлована, фактического напластования и свойств грунтов указанным в проекте, а также возможность заложения фундаментов на проектной или измененной отметке.

Проверка отсутствия нарушений природных свойств грунтов основания или качества их уплотнения в соответствии с проектными данными должна, при необходимости, сопровождаться полевыми методами (зондированием, радиоизотопными методами, пенетрацией и пр.) и выборочным определением плотности сухого грунта по отобраным образцам из каждого уплотненного слоя грунта для лабораторных испытаний.

12. Перерыв между окончанием разработки котлована и устройством фундаментов или подземных сооружений, как правило, не допускается. При вынужденных перерывах должны быть приняты меры к сохранению природных структуры и свойств грунтов, а также против обводнения котлована поверхностными водами и промораживания грунтов.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

2.1. Подготовительные работы. Общие положения.

Строительство любого сооружения начинается с выполнения подготовительных работ, включающие в себя обязательные виды работ, без выполнения которых невозможно приступить к строительству, и дополнительные, определяемые условиями нахождения объекта строительства.

При проектировании к обязательным видам подготовительных работ следует отнести следующие работы:

- 1) анализ территории застройки по проектной документации;
- 2) разбивка котлована;
- 3) ограждение строительной площадки,
- 4) крепление котлована;
- 5) устройство подъездных путей,
- 6) подвод электроэнергии и освещение строительной площадки;
- 7) проведение водопонижающих мероприятий, защищающих объект от притока поверхностных вод (осуществляется с помощью прокладки открытой дренажной сети),
- 8) глубинное водопонижение, обеспечивающее защиту от притока агрессивных грунтовых вод;
- 9) устройство временных бытовых помещений (помещение для охраны; прорабская; бытовые помещения, санитарные узлы);
- 10) устройство складских помещений,
- 11) размещение указателей внутри строительной площадки,
- 12) устройство и размещение пожарных щитов;

- 13) расчистка территории строительной площадки от растительности, камней, валунов, строительного мусора;
- 14) демонтаж или перенос попадающих в пятно застройки наземных, либо подземных коммуникаций и сооружений.

Ограждения и крепления котлованов необходимо выполнять таким образом, чтобы они не препятствовали производству последующих работ по устройству конструкций.

Крепления неглубоких котлованов должны быть, как правило, инвентарными, а последовательность их разборки должна обеспечить устойчивость стенок котлованов до окончания работ по устройству фундаментных и других конструкций.

При устройстве подъездных путей следует руководствоваться следующими положениями [4]:

- a) ширина проезжей части подъездных путей в пределах разрабатываемых выемок и грунтовых карьеров должна быть для самосвалов грузоподъемностью до 12 т при двухстороннем движении - 7 м, при одностороннем - 3,5 м;
- b) при грузоподъемности самосвалов более 12 т, а также при использовании других транспортных средств ширина проезжей части определяется проектом организации строительства;
- c) временные дороги для работы строительной техники следует прокладывать по проекту, как правило, по трассам будущих основных дорог и внутренних проездов с щебеночно-грунтовым покрытием толщиной 0,2-0,4 м по уплотненному основанию на глубину 1-1,5 м до значения коэффициента уплотнения с $K_{com} \geq 0.95$ на просадочных, засоленных глинистых грунтах, а также на участках планировочной насыпи;
- d) на участках пересечения основных временных дорог по щебеночно-грунтовому покрытию следует укладывать железобетонные дорожные плиты;

- е) при производстве земляных работ на слабых грунтах, на временных дорогах и по поверхности отвалов по указаниям проекта должны быть выполнены мероприятия, обеспечивающие работу и проезд строительной техники и транспорта (подсыпка дренирующего слоя грунта, применение геотекстильных материалов и др.).

Подвод электроэнергии и освещение строительной площадки возможен двумя путями:

- а) прокладка временного кабеля от соседних нежилых сооружений,
- б) с помощью автономных дизель-установок.

В том случае, если при разработке грунтов, попадаются негабаритные включения, в проекте должны быть предусмотрены мероприятия по их разрушению или удалению за пределы площадки.

Негабаритными считаются валуны, камни, куски разрыхленного мерзлого и скального грунта, наибольший размер которых превышает:

- а) $2/3$ ширины ковша - для одноковшовых экскаваторов,;
- б) $1/2$ ширины ковша - для экскаваторов, оборудованных драглайном; $2/3$ наибольшей конструктивной глубины копания - для скреперов; $1/2$ высоты отвала - для бульдозеров и грейдеров;
- с) $1/2$ ширины кузова и по весу половину паспортной грузоподъемности - для транспортных средств;
- д) $3/4$ меньшей стороны приемного отверстия - для дробилки;
- е) 30 см - при разработке вручную с удалением подъемными кранами.

Перечень подготовительных работ удобно оформлять в табличном виде с целью дальнейшего определения стоимости каждой из позиций.

2.2. Осушение котлованов

2.2.1. Способы осушения котлованов и области их применения

Как показывает практика, котлованы довольно часто находятся в условиях постоянного притока грунтовых вод. Для выполнения сухо-строительно-монтажных работ приходится проводить комплекс мероприятий по осушению котлованов, включающий откачку воды из котлована и поддержание его в осушенном состоянии. При этом одними из основных требований при откачке и осушении являются обеспечение устойчивости откосов котлована и сохранение естественной плотности грунтов в основании будущих сооружений. Именно эти требования в конечном итоге определяют способы осушения котлованов и последовательность выполнения мероприятий при их осуществлении.

В строительстве применяются в основном два способа осушения котлованов: способ открытого водоотлива и способ грунтового водопонижения [10].

Способ открытого водоотлива при осушении котлованов заключается в том, что откачка воды ведется непосредственно из котлована или из отдельных приемков, расположенных в самом котловане.

Способ грунтового водопонижения заключается в том, что откачка воды ведется из системы отдельных скважин (или колодцев), расположенных вне контура основания осушаемого котлована по его периметру.

Для оценки преимуществ и недостатков каждого из этих способов и определения областей их применения необходимо учитывать воздействия фильтрационных потоков воды на откосы и дно котлована.

При открытом водоотливе откосы и дно котлована находится под неблагоприятным воздействием гидродинамических сил фильтрационного потока, которые могут вызвать разуплотнение грунтов против их естественной плотности или даже к выпору этих грунтов в

основании котлована. При открытом водоотливе необходимо иметь в виду эти отрицательные воздействия, оценивать их и принимать соответствующие меры по исключению опасных последствий.

При грунтовой водопонижении, при откачке воды из отдельных скважин (колодцев) вокруг скважин образуется воронка понижения, или депрессии. В нижней своей части скважины оборудуются фильтрами, через которые вода поступает внутрь и оттуда уже откачивается теми или иными средствами. Таким образом, *система грунтовой водопонижения представляет собой систему скважин, расположенных в грунте вне контура осушаемого котлована и оборудованных различными типами водопонижительных насосных установок.*

При этом способе имеется возможность так расположить скважины и выбрать их заглубление, что кривые депрессии фильтрационного потока будут располагаться внутри грунта, нигде не выклиниваясь на откосы котлована. Больше того, градиенты напора в этом случае направлены не на разуплотнение и разрушение откосов и дна котлована, а наоборот, на их уплотнение (на этом принципе основан гидродинамический способ уплотнения грунтов). Грунты на откосах котлована при этом способе находятся в осушенном состоянии, что также увеличивает их устойчивость.

Наиболее простым и дешевым с точки зрения организации самой системы осушения является открытый водоотлив, не требующий другого оборудования, кроме обычных центробежных насосов.

Открытый водоотлив рационально применять для осушения котлованов, сложенных скальными, полускальными, гравийно-галечниковыми грунтами и плотными глинами, не вызывающих сомнений в части устойчивости откосов и целостности основания выемки при высачивании фильтрационного потока.

Грунтовое водопонижение рационально применять для осушения котлованов, сложенных песчаными, супесчаными и другими подобными грунтами, легко подверженными суффозионным явлениям.

В случае осушения глинистых грунтов (супесей, суглинков), когда изложенные способы могут оказаться недостаточно эффективными из-за слабой водоотдачи этих грунтов, приходится прибегать к специальным способам водопонижения, например к способу электроосушения, при котором для интенсификации водоотдачи грунта используются процессы, связанные с воздействием электрического тока на воду и грунт.

Первоначальная откачка воды из котлована

Для начала работ в котловане, прежде всего, требуется откачать воду из этого котлована. Организация работ по первоначальной откачке котлована зависит от принятой схемы производства работ по выемке грунтов из котлована.

При разработке котлована сухоройными машинами первоначальная откачка воды производится открытым водоотливом. Откачка осуществляется в основном центробежными насосами, легко приспособляемыми к работе при переменном режиме. В зависимости от глубины откачки насосы располагаются стационарно (на перемычке, бровке откоса и т. д.) или наплаву (на понтонах). Устанавливаются не менее двух насосов с обязательным наличием резервного.

Суммарный объем воды, откачиваемой из котлована, в основном складывается из первоначального геометрического объема воды в огражденном пространстве и дополнительного объема воды, поступающего за счет фильтрации через дно и откосы котлована и за счет поверхностного стока. Объем воды, дополнительно поступающей в котлован, определяется расчетами, однако определить его точно очень трудно. Практика строительства показывает, что объем первоначальной откачки котлована обычно превышает 2—3-кратную величину первоначального объема, что часто и принимают при отсутствии данных для более точных расчетов.

Продолжительность откачки котлована определяется допустимой интенсивностью откачки, которая зависит от устойчивости откосов

котлована при снижении уровней воды и суффозионной устойчивости грунтов в этих откосах. Допустимая интенсивность откачки на начальном этапе составляет, м/сут: 0,5—0,8—в котлованах из скальных и крупнозернистых грунтов; 0,3—0,4—в котлованах из среднезернистых песков; 0,15—0,2 — в котлованах из мелкозернистых грунтов.

В дальнейшем по мере откачки происходят некоторое уплотнение грунтов тела перемычек и откосов котлована, их дополнительная кольматация и уменьшение фильтрационных расходов, что позволяет увеличить интенсивность понижения воды в котлованах из среднезернистых и крупнозернистых грунтов до 1—1,5 м/сут.

Интенсивность откачки снижают иногда и на конечном этапе при наличии опасности разрыхления грунтов основания фильтрационным потоком снизу, например, при залегании в основании грунтов, малоустойчивых против суффозии (супеси, мелкозернистые или заиленные пески).

Опасность разрушения основания может быть и при наличии напорных вод в водоносном горизонте ниже дна основания. Для предотвращения разрушения основания в случае наличия напорных вод ниже основания необходимо до разработки котлована снизить напор в водоносном горизонте до безопасной величины при помощи глубинных водопонижительных установок или разгрузочных скважин.

Первоначальная откачка котлована продолжается несколько дней и даже недель в зависимости от объема и глубины воды в котловане.

Сроки откачки должны быть тесно увязаны с гидрологическими и климатическими условиями района, схемой разработки котлована.

Организация открытого водоотлива

Для поддержания котлована в осушенном состоянии, при открытом водоотливе на дне котлована по его периметру устраивается открытый дренаж в виде полых или заполненных сильно фильтрующими материалами водосбросных канав, перехватывающих фильтрую-

щую воду и отводящих ее к водосборным колодцам (зумпфам), из которых вода откачивается насосами за пределы котлована (рис. 2.1). Дренажные канавы и зумпфы располагаются, как правило, за пределами контура основания возводимых бетонных или других сооружений.

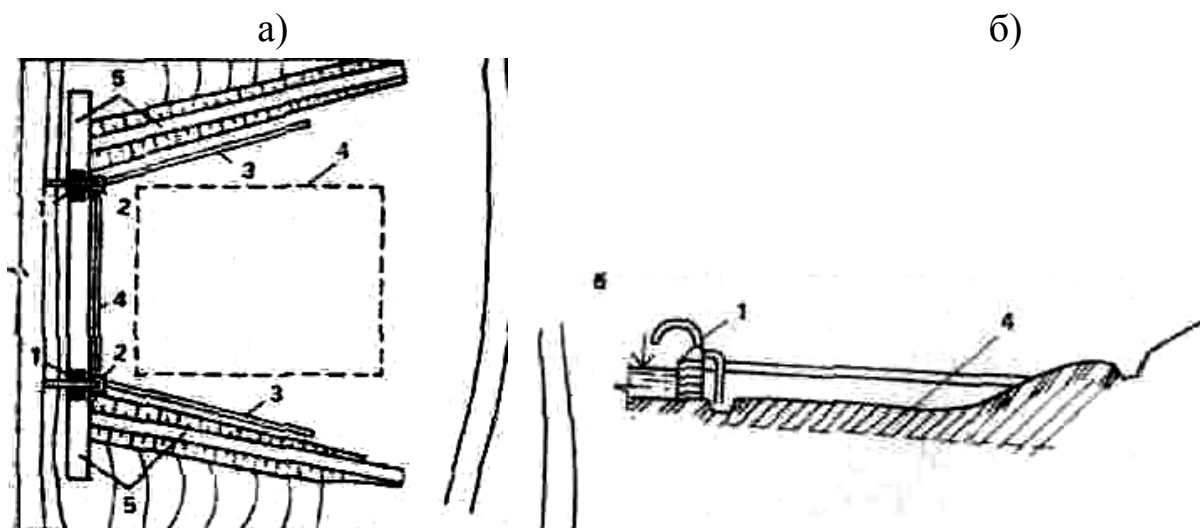


Рис. 2.1. Осушение котлована способом открытого водоотлива (а — план, б — разрез)

1—насосные установки; 2—приямки (зумпфы); 3 – водосборные канавки; 4 – котлован, 5 – ограждающие перемычки.

Все элементы открытого водоотлива выполняются сразу после первоначальной откачки котлована с последующим заглублением их по мере разработки и заглубления котлована.

Для открытого водоотлива наибольшее распространение получили насосы серии Д-одноступенчатые с рабочим колесом двухстороннего входа воды в колесо для подачи воды от 380 до 12500 м³/ч при напоре от 105 до 1370 кН/м³ (10,5-137м водяного столба).

Общая мощность и потребное количество насосных установок обычно меньше, чем при первоначальной откачке, и устанавливается расчетами.

В течение всего периода водоотлива необходимо постоянное наблюдение за состоянием ограждающих перемычек и откосов котлована, особенно в период прохождения паводков. В случае обнаружения сосредоточенных выходов мутной воды необходимо принимать срочные профилактические меры в виде отсыпки кольматирующего материала с напорной стороны, присыпки обратных фильтров с низовой стороны перемычек или даже откосов котлована и др.

Противофильтрационные элементы перемычек должны находиться в надлежащем состоянии, что способствует уменьшению фильтрационных расходов и снижению стоимости водоотлива.

Очень важным требованием при организации водоотлива является обеспечение надежности его работы. Затопление котлована — чрезвычайный случай — и должны быть приняты все меры для его исключения. Для обеспечения надежности работы водоотлива предусматривается резервирование мощности насосов и источников их питания.

Организация грунтового водопонижения

Основными элементами грунтового водопонижения являются фильтровые скважины (колодцы) и водопонижительные насосные установки (см. рис. 2.2). Скважины (колодцы) располагаются по контуру осушаемого котлована или вдоль осушаемого участка вне его пределов. Плановое положение скважин, их глубина определяются по результатам фильтрационных расчетов из условия обеспечения требуемой производительности и снижения уровня грунтовых вод.

Метод грунтового водопонижения является гибким в том отношении, что позволяет за счет изменения расстояния между скважинами осуществлять водопонижение в самых разнообразных по проницаемости грунтах.

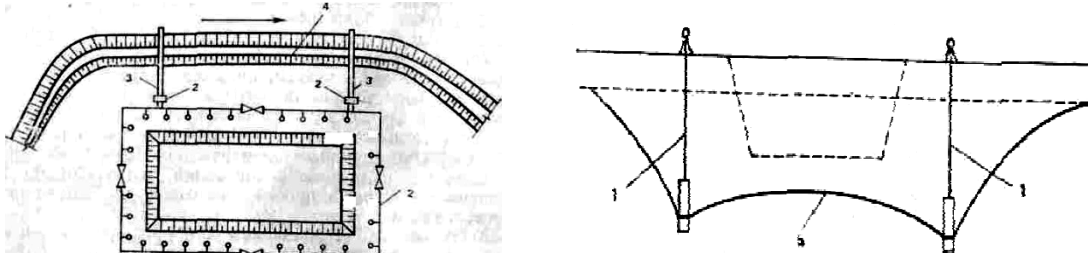


Рис. 2.2. Осушение котлована иглофильтровыми установками (а – план, б – разрез): 1—иглофильтры; 2— насосная установка; 3 — сбросной трубопровод; 4—перемычка; 5—кривая депрессии.

Способы устройства и оборудования самих скважин и возможная их глубина зависят от типа применяемой водопонижительной установки. В промышленном и гражданском строительстве применяются в основном четыре типа водопонижительных установок:

- иглофильтровые установки мелкого понижения;
- иглофильтровые установки глубокого понижения;
- глубинные водопонижительные установки в виде фильтровых колодцев с глубинными насосами;
- установки электроосушения.

Выбор типа водопонижительной установки должен учитывать ряд факторов, в том числе: глубину и площадь осушаемой территории, условия залегания грунтов и их фильтрационные свойства, условия разработки грунтов в котловане.

Водопонижительные иглофильтровые установки мелкого понижения (Рис. 2.3.) состоят из комплекта часто расположенных иглофильтров, погруженных в грунт и присоединенных к насосу через общий всасывающий коллектор.

Иглофильтр представляет собой колонну из стальных труб малого диаметра длиной до 10 м, состоящих из надфильтровой части, фильтрового звена и наконечника с шаровым клапаном и с учетом потерь напора позволяет снижать уровень воды на 4 - 5 м.

При глубине понижения более 4 - 5 м легкие иглофильтры, возможно, устанавливать в несколько ярусов (2-3 яруса или же переходить к водопонижительным установкам глубокого водопонижения). Число иглофильтров в комплекте от 40 до 150 шт., шаг между иглофильтрами 0,75 м, длина фильтрового звена 1 м, длина коллектора от 60 до 100 м. При больших длинах фронта водопонижения применяется несколько комплектов иглофильтров. Иглофильтры погружаются в грунт в собранном виде под действием собственного веса с помощью напорной струи воды, размывающей грунт под наконечником.

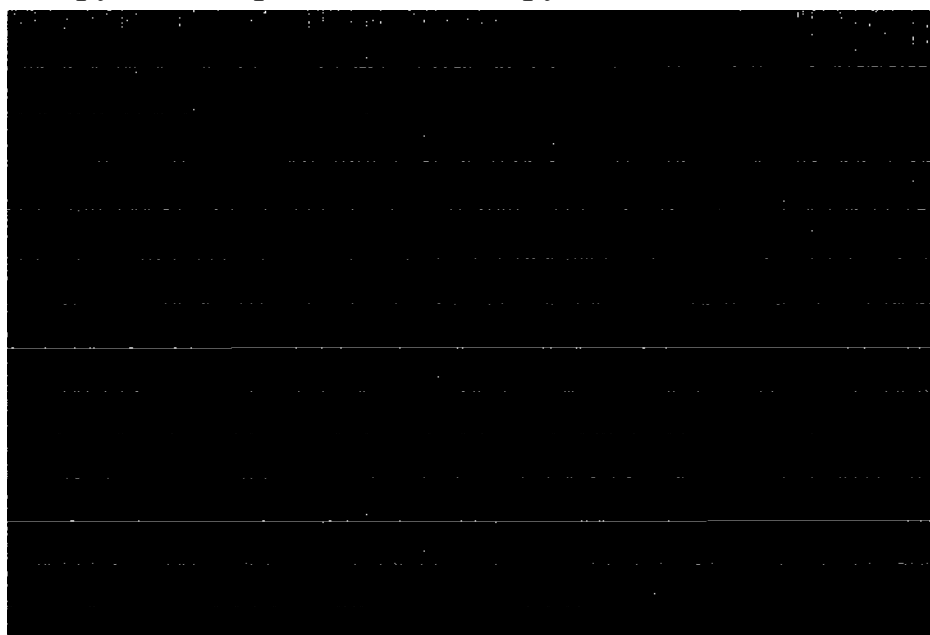


Рис. 2.3. Иглофильтровые установки: а) мелкого водопонижения, б) глубокого водопонижения

1 – всасывающий коллектор, 2 – вентиль, 3 – надфильтровая труба, 4 – гибкое соединение иглофильтра со всасывающим коллектором, 5 – фильтровое звено, 6 – шаровой клапан, 7 – фильтрующая засыпка, 8 – глиняный замок, 9 – эжектор, диффузор с насадкой, 10 – наружная труба, труба от насоса, 11 – водоотводящая труба, 12 – кривая депрессии.

После прекращения водоотливных работ иглофильтры могут быть извлечены и использоваться в других местах. Извлечение иглофильтров производится при помощи кранов, талей или в легких грунтах—вручную.

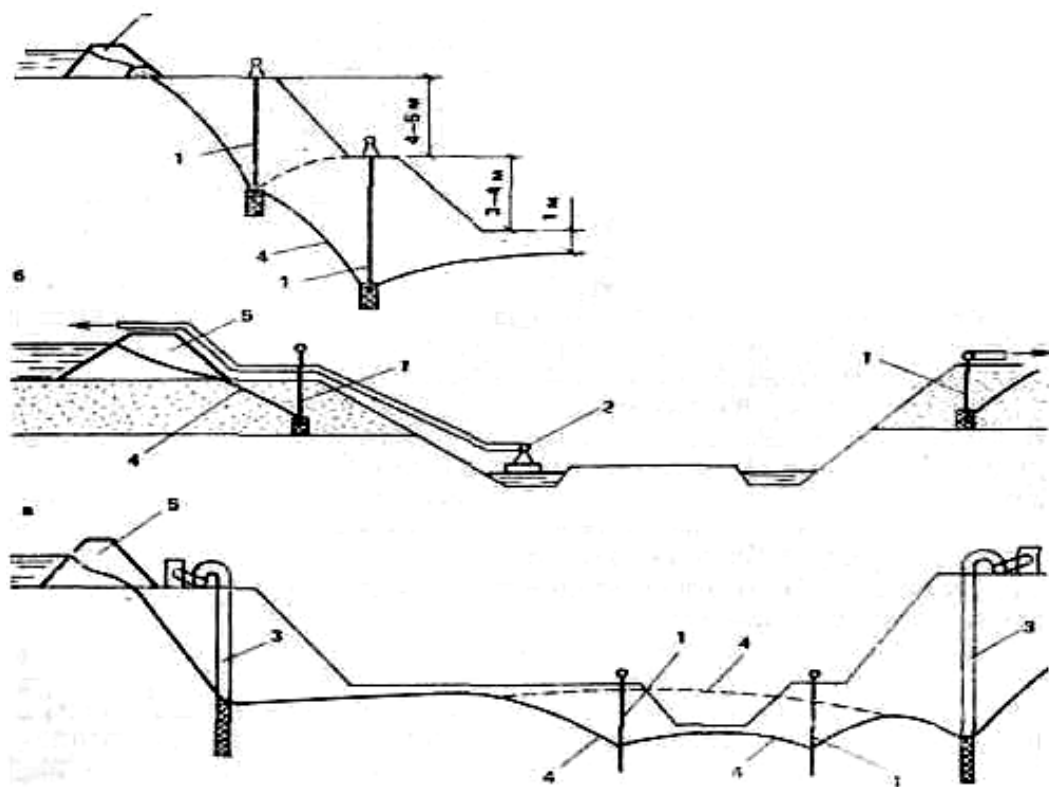


Рис. 2.4. Установка иглофильтров (а — двухъярусная, б — в комплекте с открытым водоотливом, в — в комплекте с глубинными установками)

Наиболее эффективно применение иглофильтров в песчаных, песчано-гравелистых и супесчаных грунтах с коэффициентом фильтрации от 1 до 100 м/сут.

Основными достоинствами иглофильтровых установок мелкого понижения являются простота их конструкции и компактность, малая трудоемкость их установки и монтажа, быстрота действия при снижении уровня грунтовых вод, обусловленная частым расположением иглофильтров. К недостаткам следует отнести необходимость тща-

тельной герметизации системы, высокую энергоемкость и малый коэффициент полезного действия.

Иглофильтровые установки глубокого понижения (эжекторные иглофильтровые установки) (Рис. 2.3.б) в принципе состоят из тех же элементов, что и легкие установки, но в них для увеличения глубины понижения грунтовых вод вместо обычных легких иглофильтров применяются эжекторные иглофильтры. Эжекторный иглофильтр отличается от легкого наличием внутри иглофильтра второй колонны труб эжекторного водоподъемника и несколько большими размерами.

Эжекторные установки, применяемые в строительстве (ЭИ-2,5, ЭИ-4, ЭИ-6), имеют производительность от 3,6 до 36 м³/ч, количество иглофильтров в установке от 16 до 40, высота подъема воды эжектором 17-24 м. Расстояние между иглофильтрами не нормировано и устанавливается расчетами. Обычно оно колеблется от 5 до 15 м. Длина фильтрового звена 3-6 м. Максимальная рациональная глубина понижения уровня грунтовых вод с помощью этих установок составляет до 20 м. Для обеспечения более глубокого понижения они могут быть устроены в два яруса и более, как и легкие иглофильтры.

Эжекторные установки имеют практически те же положительные качества, что и легкие иглофильтры. Существенными недостатками их являются: большой расход рабочей воды в водоструйном насосе и большой расход энергии, низкий коэффициент полезного действия и громоздкость установки из-за наличия водоструйного насоса.

Водопонизительные глубинные установки в виде фильтровых скважин, оборудованных артезианскими погружными насосами являются наиболее мощными. Водопонизительная установка из системы скважин, оборудованных артезианскими насосами, предназначена для понижения уровня грунтовых вод в котловане или для сея-

тия избыточного пьезометрического напора водоносного горизонта, залегающего под дном котлована.

Водопонижительная установка из скважин состоит из следующих основных частей: 1) скважин, пробуренных тем или иным способом; 2) артезианских насосов; 3) сбросного трубопровода; 4) водосборного коллектора и насосной станции перекачки (в случае необходимости).

Для откачки воды из скважин применяют насосы с погружным электродвигателем. Они применяются для понижения уровня грунтовых вод на глубину более 20 м в сложных гидрогеологических условиях, при больших размерах котлованов, больших дебитах воды и длительных сроках работ в котловане.

Погружной артезианский насос типа АПТ или GVYK представляет собой насосный агрегат, состоящий из секционного центробежного насоса и электродвигателя, валы которых соединены жесткой муфтой. Электродвигатель расположен внизу, насосный узел – над ним. Вода в него поступает через нижний всасывающий корпус, соединяющий насос с электродвигателем, а подается на поверхность через напорный сплав труб, на котором насос опускается в скважину.

Насосы марки 12СП-18х11, предназначенные для подачи воды температурой до 20° С из скважин диаметром не менее 325 мм.

Насосы типа ЭЦВ являются серией погружных насосов, которые применяются для откачки воды из артезианских скважин. Основные узлы агрегата (насос, электродвигатель с кабелем и напорный трубопровод) расположены в скважине, а опорная плита с напорным коленом и станция управления электродвигателем – над скважиной. Насосы типа ЭЦВ – центробежные, многоступенчатые, секционные, вертикальные, с закрытыми лопастными колесами одностороннего хода.

По конструкции фильтровой колодец представляет собой колонну стальных труб большого диаметра (до 450 мм) с фильтровым звеном в нижней части. Длина фильтрового звена устанавливается в зависимости от условий работы и составляет обычно 5 - 15м.

Для откачки воды из скважин применяются глубинные артезианские насосы, отличительной особенностью которых является возможность размещения рабочего органа (насоса) в скважине под уровнем горизонта грунтовых вод. Это позволяет обеспечить в принципе любую глубину откачки и подъема воды из скважины.

Установки электроосушения применяются для осушения котлованов в коллоидных грунтах с коэффициентом фильтрации менее 0,1—0,05 м/сут, слабо отдающих воду, где применение других видов водопонижения не дает эффекта (Рис. 2.5.).

Электроосушение грунтов основано на том свойстве, что при воздействии электрического тока на грунт на поверхности раздела твердой фазы с жидкой средой возникает разность потенциалов, причем вода принимает положительный заряд и движется к отрицательному электроду (электроосмос), а частицы грунта получают противоположный заряд и отжимаются от электрода одинакового с ним знака (электрофорез).

Для обоснования решений, принимаемых по осушению котлованов, необходимо в общем случае выполнить ряд расчетов, в том числе: притока воды в котлован при открытом водоотливе, подлежащей откачке на разных стадиях разработки котлована; объема воды при первоначальной откачке котлована; производительности средств откачки и их количества; приточности воды в котлован при грунтовом водопонижении; водоприемной способности скважин, их количества; расстояния между ними и глубины заложения.

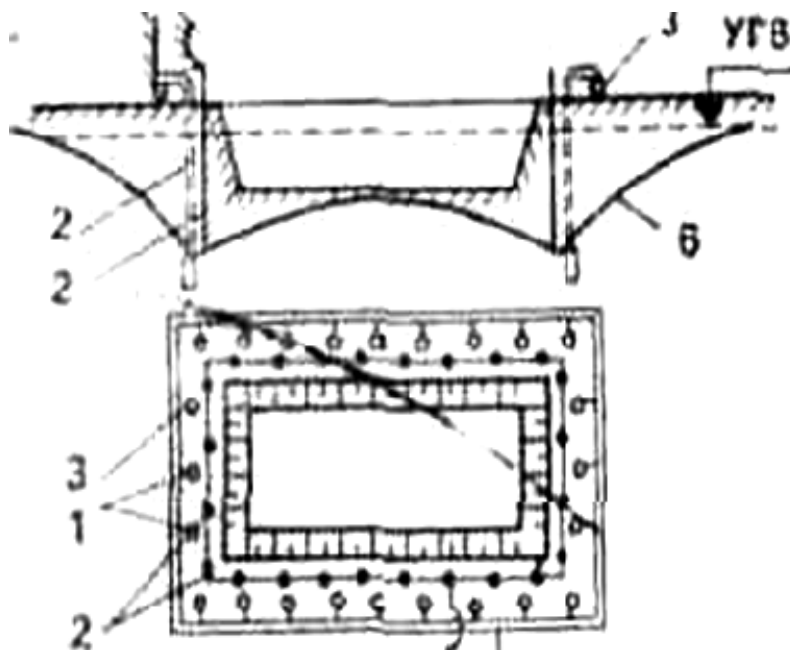


Рис. 2.5. Электроосушение грунтов

1 — иглофильтры; 2 — металлические стержни; 3—коллектор; 4—генератор постоянного тока; 5— насосная установка; 6 — кривая депрессии

Определение приточности воды в котлован производится по формулам, известным из теории фильтрации и приводимым в специальной литературе для различных расчетных случаев. В общем случае точное решение этой задачи в пространственных условиях достаточно сложно, поэтому чаще всего используются приближенные расчеты.

2.2.2. Сокращение стоимости осушения котлованов

Наиболее простым способом осушения котлованов является открытый водоотлив, но область его применения ограничена в основном котлованами в скальных и плотных грунтах. В котлованах, сложенных мягкими грунтами, наиболее распространенным способом осушения является грунтовое водопонижение.

Однако стоимость и объемы работ по монтажу и эксплуатации систем водопонижения значительны. Так, стоимость грунтового водопонижения достигает 5% стоимости строительно-монтажных работ по гидроузлу в целом. Наибольшие затраты по водоотливу связаны с

эксплуатацией водопонизительных систем. Они составляют от 60 до 90% общих расходов на водопонижение.

В связи с этим изыскание резервов сокращения стоимости осушения котлованов должно идти, прежде всего, по пути снижения эксплуатационных расходов.

Решение этой задачи осуществляется в настоящее время по следующим основным направлениям: интенсификация водоотбора и повышение водозахватной способности водопонизительных средств; уменьшение общего расхода откачиваемой воды; выбор рациональных схем водоотлива и водопонижения на разных этапах в увязке с графиком и технологией производства работ в котловане; автоматизация системы водоотлива и водопонижения.

С целью интенсификации водоотбора разработаны и применяются горизонтальные дренажи-фильтры в откосах котлованов, лучевые водозаборы, скважины с увеличенной входной поверхностью фильтрации (с уширенным основанием) (рис. 2.6). Экономия эксплуатационных затрат получается в этом случае за счет укрупнения насосов и уменьшения их числа.

Уменьшение общего расхода откачиваемой воды может быть обеспечено за счет максимального использования, где это только возможно, способа открытого водоотлива. Анализ расчетов показывает, что наименьший приток фильтрационных вод при прочих равных условиях имеет место при открытом водоотливе.

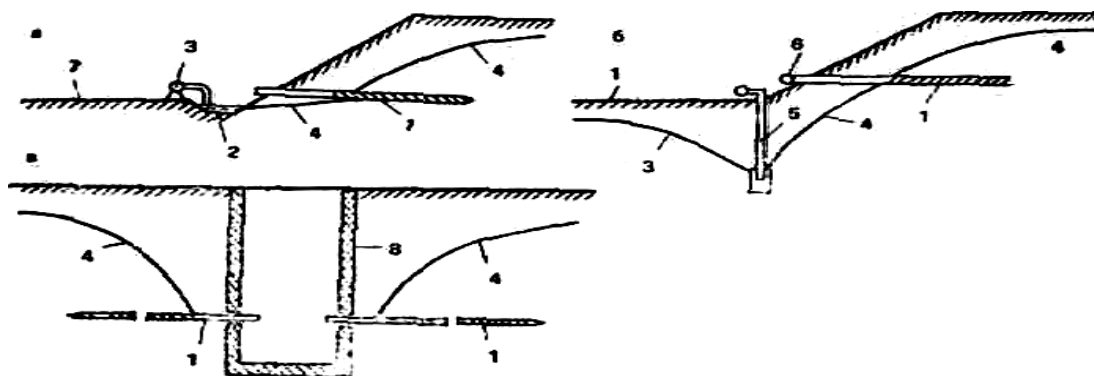


Рис. 2.6. Применение горизонтальных дрен (а — в комплекте с открытым водоотливом; б — в комплекте с иглофильтрами, в — в шахтном колодце). 1—горизонтальная дрена; 2—траншея открытого водоотлива; 3—насосная установка; 4—кривая депрессии; 5—иглофильтр; 6—водосбросной коллектор; 7—дно котлована; 8—шахтный колодец.

Эффективное снижение общего расхода откачиваемой воды может быть достигнуто за счет устройства и надлежащего содержания различных противофильтрационных завес в теле и основании перемычек (инъецируемых завес, стенок, экранов, понуров, кольматажа и др.). Существенное снижение расходов на водоотлив и водопонижение может быть достигнуто и за счет рационального проектирования этих систем в увязке с календарным графиком земляных работ в котловане.

Для сокращения сроков эксплуатации водопонижительных установок необходимо предусматривать максимально быструю разработку котлована, используя для этого современные мощные средства механизации. При наличии мощного водоносного слоя и соответствующих грунтов наилучшее решение даст подводная разработка земснарядами, выполняемая без водопонижения. Значительное снижение мощности водопонижительных установок и сокращение сроков их эксплуатации может быть достигнуто также путем форсирования работ по укладке бетона на нижних отметках и своевременной засыпки пазух по мере возведения сооружений.

Одним из путей снижения расходов в процессе эксплуатации выполненных систем водоотлива и водопонижения являются автоматизация работы этих систем. Автоматизация позволяет установить рациональный и экономичный режим эксплуатации всей системы и позволяет существенно сократить затраты на обслуживание и электроэнергию (до 40-60%).

2.3. Расчёты объёмов работ

Общие положения

Строительство промышленных сооружений предусматривает значительные объёмы земляных работ, которые в свою очередь определяют достаточно высокую стоимость и продолжительные сроки строительства.

Определение объёмов работ по сооружениям выполняется как на стадии проектирования, так и в процессе строительства. Казалось бы, процесс подсчета объёмов работ по различным сооружениям довольно прост и не требует значительной математической подготовки. Однако строители сталкиваются здесь с различными трудностями. Во-первых, это связано с многообразием архитектурных форм различных сооружений, среди которых довольно часто встречаются криволинейные поверхности нетрадиционной формы. Во-вторых, приходится сталкиваться с различными подходами и методами при определении объёмов земляных работ для различных сооружений.

Зачастую, выбор метода расчета может занять у проектировщика достаточно много времени. И, наконец, сама процедура определения объёмов работ достаточно трудоёмкая, требует существенной детализации объектов и кропотливой их обработки.

Необходимо отметить, что качественное определение объёмов земляных работ, особенно временных, устраиваемых в период выполнения строительно-монтажных работ, является важным элементом технологического проектирования. Достоверность результатов расче-

та может существенно повлиять на выбор решения о способах производства работ, комплексной механизации и организации земляных работ по различным сооружениям, другими словами - на технико-экономические показатели производства.

Подсчёт объёмов земляных работ должен производиться в соответствии с указаниями нормативных документов (СП, СНиП) и с учётом классификации грунтов по трудности разработке. Следует отметить, что при расчете объёмов земляных работ объёмы грунтов всегда определяются в плотном теле, т.е. при плотности их естественного залегания. Общий объём работ по сооружениям представляет собой сумму из объёмов основных и дополнительных работ.

В состав объёмов основных работ включаются все объёмы работ, определяемые конструкцией сооружения и его отдельных частей. В дополнительных - учитываются объёмы работ, без выполнения которых процесс производства основных видов работ становится невозможным (съезды и выезды из котлована, уширения для проезда и разворота транспорта, различные перемычки, подсыпки и т.д.).

2.3.2. Способы определения объёмов земляных работ

Выбор способа подсчета объёмов земляных работ зависит в основном от вида сооружения, рельефа местности и требуемой точности расчетов. Всё многообразие методов и способов расчёта объёмов работ предполагает знание основных плановых размеров сооружений, глубину заложения и крутизну откосов, а также принятые решения о методах выполнения основных производственных процессов.

Существуют различные способы определения объёмов земляных работ – аналитический, графический и графоаналитический (комбинированный) [10].

В случае применения аналитического способа расчёта необходимо знание математических зависимостей по определению объёмов простых геометрических фигур. В том случае, когда форма объекта представляет собой сложное очертание поверхности выемки или

насыпи, последние разбивают на ряд более простых геометрических тел, определяют объёмы полученных фигур и затем суммируют их.

При использовании графического способа расчёта объёмов работ необходимо построить различные графические зависимости изменения объёма работ от различных величин проектируемого объекта и на их основании определить соответствующий объём работ.

При графоаналитическом способе определения объёма работ строят графические зависимости изменения площади поперечного сечения объекта от линейных величин и затем обрабатывают их аналитическим способом.

2.3.3. Определение объёмов выемок (котлованов)

Подсчёт объёмов земляных работ по устройству выемок (котлованов, траншей) и насыпей при известных размерах достаточно прост и производится по известным математическим зависимостям [10].

Размеры котлованов зависят от размеров строящихся зданий и сооружений, глубины их заложения, а также от принятой схемы возведения.

В строительной практике выделяют следующие схемы возведения сооружения:

- схема 1 (кольцевая) – механизмы по транспортировке материалов и возведению сооружения перемещаются вокруг котлована по берме;
- схема 2 – механизмы перемещаются по дну котлована;
- схема 3 – механизмы в процессе основного строительства перемещаются по дну котлована, а заключительные монтажные работы осуществляют снаружи;
- схема 4 (комбинированная) – механизмы, выполняющие монтажные работы передвигаются как снаружи котлована, так и по его дну.

По схеме 1 как правило возводят небольшие сооружения, ширина (диаметр) которых не превышает 15 метров ($B_{coop} < 15\text{м}$).

По схеме 2 возводят более крупные сооружения, ($B_{coop} > 15\text{м}$). При этом размеры котлована должны обеспечивать проезд механизмов вокруг возводимых сооружений.

По схеме 3 и 4 строят особо крупные сооружения, размеры которых многократно превышают размер в 15 метров ($B_{coop} \gg 15\text{м}$).

В зависимости от размеров возводимого сооружения ширина котлована по дну B_K определяется путём суммирования следующих величин: ширины собственно сооружения, проезда транспортных средств (в случае их перемещения по дну), ширины полосы для размещения водоотливных средств (канал, прямков, иглофильтров и т.д.). Длина котлована по дну L_K определяется аналогично.

Значение крутизны откосов котлованов (коэффициент заложения откосов) m зависит от глубины выемки и прочностных свойств грунтов. Предварительно крутизну откосов можно назначить по ниже приведенной таблице 2.1.:

Расчетная максимально допустимая крутизна откосов

Таблица 2.1.

Группа грунта	Грунт	При глубине выемки, м			
		5-6	6-8	8-10	10-14
I	Песок (влажный ненасыщенный)	1 - 1,25	1 - 1,5	1 - 1,75	1 - 2
II	Супесь	1 - 1	1 - 1,25	1 - 1,5	1 - 1,75
I, II	Суглинок	1 - 0,85	1 - 1	1 - 1,25	1 - 1,5
III, IV	Тяжелый суглинок, глина	1 - 0,75	1 - 1	1 - 1,25	1 - 1,5

На рисунке 6.5. представлены схемы для определения объемов

земляных работ котлованов различной конфигурации.

Зная размеры котлована понизу B_K и L_K , назначив крутизну откосов m и зная глубину котлована H , определяют размеры котлована поверху B_{KB} , L_{KB} и вычисляют объём грунта. При глубине котлована 5 – 8 м устраивают промежуточные бермы шириной 2,5 и более метров в зависимости от условий организации и технологии работ.

Объём котлована **прямоугольной** формы с откосами определяют по формуле опрокинутой усечённой пирамиды (призматоида):

$$V_K = \frac{H}{6} [B_K L_K + B_{KB} L_{KB} + (B_K + B_{KB})(L_K + L_{KB})], \quad (2.1)$$

где B_K и L_K - ширина и длина котлована по дну, м;

B_{KB} и L_{KB} - то же, поверху;

H - глубина котлована, м.

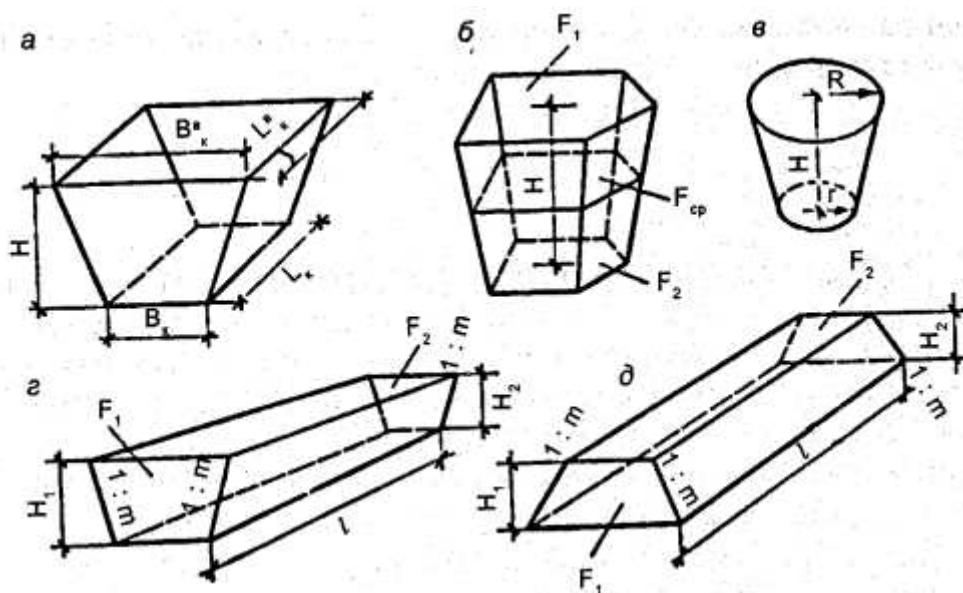


Рис. 2.7. Схемы для определения объёмов земляных работ при устройстве котлованов различной формы, траншей, насыпей: а, б, в - котлованы прямоугольные, многоугольные, круглые; г - траншея с откосами; д - насыпь

Объём котлована, имеющего форму *многоугольника* с откосами определяют по формуле:

$$V_K = \frac{H}{6}(F_1 + F_2 + 4F_{CP}), \quad (2.2)$$

где F_1 и F_2 - площади дна и верха котлована;

F_{CP} - площадь сечения по середине его высоты m^2 .

Объём *квадратного* котлована с откосами определяют по формуле опрокинутого призматоида:

$$V_K = \frac{H}{3}(F_1 + F_2 + \sqrt{F_1 F_2}), \quad (2.3)$$

Объём *круглого* в плане котлована с откосами (рис. 2.7, в) определяют по формуле опрокинутого усечённого конуса:

$$V_K = \pi \frac{H}{3}(R^2 + r^2 + Rr), \quad (2.4)$$

где R и r - радиусы верхнего и нижнего оснований котлована.

Котлованы для сооружений, состоящих из цилиндрической и конической частей (радиальные отстойники, метатенки и др.), которые обычно возводятся группами, т.е. по несколько в одном котловане, отрывают в два этапа.

Сначала устраивают общий прямоугольный котлован с размерами B_K и L_K понизу, и B_{KB} и L_{KB} поверху от отметки заложения их цилиндрической частей, а затем делают углубления для конических частей сооружения.

Соответственно и объёмы земляных работ определяют в два этапа: вначале рассчитывают объём общего прямоугольного котлована по приведённым выше формулам, а затем объём конических углублений с использованием приведённой формулы усечённого конуса.

При расчётах объёмов земляных работ следует также учитывать объёмы, въездных и выездных (пионерных) траншей, которые определяются по формуле:

$$V_B = \frac{H^2}{6} \left(3b + 2mH \frac{m'-m}{m'} \right) (m'-m) \quad (2.5)$$

где H - глубина котлована в местах устройства траншей, м;
 b - ширина траншеи понизу, определяемая в зависимости от вида экскаватора;

m' - коэффициент заложения откоса котлована;

m - коэффициент заложения откоса (уклона) въездной или выездной траншеи

Уклоны откосов котлована принимают в соответствии с рекомендациями СНиП 12-04-2004 «Безопасность труда в строительстве». В практике обычно принимаются в пределах от 1:10 до 1:15).

Тогда общий объём котлована $V_{общ}$ с учётом въездных и выездных траншей равен:

$$V_{общ} = V_K + nV_B, \quad (2.6)$$

где V_K - объём собственно котлована, м³;

n - количество въездных и выездных траншей;

V_B - их объём, м³.

При подсчетах объемов работ по котловану из общего объема последнего следует выделять объем работ по срезке растительного слоя, а также объем работ по срезке недобора при экскавации грунта, который оставляют у дна котлована, с целью сохранения целостности и прочности грунтового основания.

Объем срезки растительного слоя V_{PC} следует определять по формуле:

$$V_{PC} = V_{PC_K} + V_{PC_{дон}}, \quad (2.7)$$

где V_{PC_K} - объем срезки грунта в пределах котлована, m^3 , определяемый по формуле:

$$V_{PC_K} = B_{KB} L_{KB} h_{pc}, \quad (2.8)$$

где h_{pc} - толщина растительного слоя, м.

$V_{PC_{дон}}$ - объем срезки растительного слоя в пределах въезда в котлован (пионерной траншеи) и рабочей зоны, расположенной вокруг котлована для складирования материалов и оборудования, m^3 (принимается в пределах от 15 до 20 метров [10]).

Учитывая, что при экскавации на дне котлована оставляется недобор, его объем определяется по формуле:

$$V_H = B_K L_K h_H. \quad (2.9)$$

где B_K , L_K - ширина и длина котлована понизу, м;
 h_H - толщина недобора, м.

Толщина недобора при отрывке котлованов одноковшовыми экскаваторами определяется в зависимости от вида рабочего оборудования экскаватора и вместимости его ковша по таблице 2.2 или по техническим условиям на подготовку основания данного сооружения.

Таблица 2.2.

Рабочее оборудование экскаватора	Допустимые недоборы грунта (h_H), см при разработке одноковшовым экскаватором с ёмкостью ковша, м ³				
	0,25-0,40	0,5-0,65	0,8-1,25	1,5-2,5	3-5
Прямая лопата	5	10	10	15	20
Обратная лопата	10	15	20	---	---
Драглайн	15	20	25	30	30

В практике проектирования насосных станций (НС) для определения объёмов котлована применяют метод послойного суммирования. Согласно этому методу необходимые объёмы работ определяют следующим образом.

1. Объём растительного слоя:

$$V_{p.c.} = A_{p.c.} h_{p.c.} \quad (2.10)$$

2. Объём экскаваторных работ:

- а) Определение объёма I слоя:

$$V_{экскI} = A_{ср.} h_{сл.} \quad (2.11)$$

где $A_{ср.}$ - средняя площадь I слоя,
 $h_{сл.}$ - высота I слоя.

б) Определение объема II слоя:

$$V_{\text{экск2}} = A_{\text{ср.}} \cdot h_{\text{сл.}} \quad (2.12)$$

где $A_{\text{ср.}}$ - средняя площадь II слоя,
 $h_{\text{сл.}}$ - высота II слоя .

с) Определение общего объема экскаваторных работ:

$$V_{\text{экск}} = V_{\text{экск1}} + V_{\text{экск2}} \quad (2.13)$$

д) Объем защитного слоя:

$$V_{\text{з.с.}} = A_{\text{з.с.}} \cdot h_{\text{з.с.}} \quad (2.14)$$

е) Общий объем грунта подлежащего выемке:

$$V_{\text{гр}} = V_{\text{р.с.}} + V_{\text{экск}} + V_{\text{з.с.}} \quad (2.15)$$

2.4. Предварительный календарный график и интенсивность работ

При построении предварительного календарного графика заказчиком или проектировщиком задается (назначается) общий срок проведения строительных работ по объекту. Затем временные интервалы на каждый вид производимых работ.

Например: назначим продолжительность работ по части I «Выемка котлована» равного $T_I = \dots$

Далее зададим время

а) для выполнения подготовительных работ (в зависимости от сложности объекта и условий производства работ этот

период может занимать от 10% до 30% времени от общего срока строительства).

- b) на снятие растительного слоя с поверхности котлована бульдозерами (например, 10% от остатка).
- c) на снятие защитного слоя и планировочные работы
- d) на уплотнение основания

Остальное время запланируем на разработку выемки котлована экскаваторами с вывозом грунта на автосамосвалах в отвал.

Таким же образом поступим и по части 2 «Бетонирование фундаментной плиты». Назначим общую продолжительность выполнения бетонных работ, который обозначим T_2 . Зададим сроки выполнения подготовительных и вспомогательных работ и оставшееся время запланируем за основными видами бетонных работ.

Зная объём основных производимых работ и срок их выполнения, определяем *интенсивность* того или иного процесса строительства по универсальной формуле:

$$I = \frac{V}{T}, \quad (2.16)$$

где V - объём соответствующих работ,
 T - срок их выполнения.

2.5. Технологические решения при снятии растительного слоя, определении вида строительной техники и его количества

2.5.1. Общие положения.

Для выполнения технологической операции по снятию растительного слоя необходимы следующие исходные данные:

- толщина растительного слоя h_{pc} ;
- плановые размеры котлована;
- средняя геометрическая дальность его перемещения L .

Для снятия растительного слоя применяются землеройно-транспортные машины: скреперы или бульдозеры.

Известно, что бульдозеры могут транспортировать грунт на расстояния не более 200 метров, а скреперы – до трёх километров.

Снятие растительного слоя обычно производят в кавальеры, расположенные вдоль длинной стороны котлована либо по одну сторону от него, либо по обе стороны (Приложение 1).

Кавальеры следует располагать на расстоянии не менее пяти метров от котлована, с тем, чтобы обеспечить возможность прохода людей и проезда строительной техники во время строительства.

Зная параметры транспортировки, в первую очередь следует определиться с типом строительной машины.

Для определения типа строительной машины необходимо использовать обобщенные критерии выбора [3] и соответствующие рекомендации [1].

Чаще всего для снятия растительного слоя использую бульдозеры.

Рассмотрим **критерии выбора** бульдозеров, в соответствии с которыми следует произвести их оптимальный выбор:

I-1: по дальности транспортирования грунта, т. е. $L^B \geq L^T$,

где L^B - возможное значение осреднённой дальности транспортировки, м;

L^T - требуемое значение осреднённой дальности транспортировки, м.

Соответственно L^B определяется по формуле:

$$L^B = L_{np} \eta_L, \quad (2.17)$$

где L_{np} – предельная дальность транспортировки грунта (приблизительно **200 м**),

η_L - коэффициент дальности транспортировки (приблизительно равный **0,5**);

IV-1: по тяговому усилию базового трактора, т. е. $TU^B \geq TU^T$.

1) $TU^T = 100кН$ при объёме выемки $V^T \leq 3000м^3$ или при рыхлом грунте;

2) $TU^T = 250кН$ при $V^T \leq 50000м^3$ или при плотном грунте.

IV-2: по проходимости, т. е. $b^B \geq b^T$,

где b – ширина гусениц.

При заболоченной и обводнённой местности применяют тракторы с уширенными гусеницами.

Как правило, для снятия растительного слоя используются бульдозеры средней мощности с универсальным гидравлическим отвалом высотой h [6] или [5].

2.5.2. Определение схемы снятия растительного слоя

При определении значения осредненной дальности транспортирования грунта L_T необходимо определить схему снятия растительного слоя. Здесь могут быть два варианта схемы:

1. Одностороннее снятие растительного слоя (в этом случае снятие растительного слоя производится в кавальер, расположенный по одну сторону котлована;

2. Двустороннее снятие растительного слоя (в этом случае снятие растительного слоя производится в два кавальера, расположенных по обе стороны котлована).

В первом случае L_T определяется по формуле:

$$L_T = \frac{a_1}{2} + c, \quad (2.18)$$

где a_1 - ширина котлована по верху,

c - расстояние от края котлована до оси кавальера.

Дальность транспортирования грунта L_T определяется здесь как среднее арифметическое значение между максимальной ($L_{\max} = a_1 + c$) и минимальной ($L_{\min} = c$) длиной транспортировки.

Во втором случае L_T определяется по формуле:

$$L_T = \frac{a_1}{4} + c. \quad (2.19)$$

Дальность транспортирования грунта L_T определяется здесь как среднее арифметическое значение между максимальной ($L_{\max} = \frac{a_1}{2} + c$) и минимальной ($L_{\min} = c$) длиной транспортировки.

Бульдозер разрабатывает грунт, передвигаясь челночно либо от края котлована (1 схема), либо от продольной оси котлована (2 схема) до оси кавальера. В последнем случае после удаления растительного слоя с половины площади в кавальер он аналогично разрабатывает вторую часть площади в другой кавальер.

При необходимости ускорения работы возможно одновременное использование нескольких бульдозеров.

2.5.3. Определение эксплуатационной производительности бульдозера

Эксплуатационную производительность строительной машины, в том числе и бульдозера определяем по формуле[2]:

$$P^{\text{э}} = P^T K_{\text{в}}, \quad (2.20)$$

при

$$P^T = \frac{Q_{\text{ц}}}{T_{\text{ц}}}, \quad (2.21)$$

где P^T - техническая производительность (при непрерывной работе);

$K_{\text{в}}$ - коэффициент использования рабочего времени машины ($K_{\text{в}} = 0,8$);

$Q_{\text{ц}}$ - объем продукции, вырабатываемый машиной за один цикл (в данном случае – объём грунтовой призмы);

$T_{\text{ц}}$ - продолжительность цикла.

Объём продукции, вырабатываемый за один цикл $Q_{\text{ц}}$, определим по формуле:

$$Q_{\text{ц}} = qK_{\text{з}}, \quad (2.22)$$

при

$$K_{\text{з}} = \frac{K_{\text{н}}}{K_{\text{р}}} K_{\text{с}} K_{\alpha} \eta_{\text{в}}, \quad (2.23)$$

где q - геометрический объём призмы волочения [2] при $\alpha_{\text{Д}} \cong 45^{\circ}$;

$K_{\text{з}}$ - коэффициент загрузки рабочего органа машины;

$K_{\text{н}}$ - коэффициент наполнения призмы волочения;

$K_{\text{р}}$ - коэффициент разрыхления грунта;

K_c - коэффициент сохранности грунта при переносе или транспортировании;

K_α - коэффициент, учитывающий влияние уклона местности [2],

η_e - коэффициент эффективности выгрузки ($\eta_e \leq 1,0$).

Коэффициенты разрыхлённости K_p и сохранности K_c грунта определяются по следующим формулам:

$$K_p = \frac{\rho_{ест}}{\rho_{рыхл}} \quad (2.24)$$

и

$$K_c = 1 - \frac{L}{L_{np}} \quad (2.25)$$

где $\rho_{ест}$, $\rho_{рыхл}$ - плотности грунта в естественном [6] и в рыхлом состояниях;

L , L_{np} - дальности транспортирования: расчётная и предельная [2]. При этом расстояние между границами выемки и насыпи (кавалер) принимаем равным не менее 5 м и не более 15 м.

Время цикла T_ζ определим по формуле:

$$T_\zeta = \sum T_i, \quad (2.26)$$

или

$$T_\zeta = K_\zeta L + T_0 \quad (2.27)$$

где K_ζ - коэффициент длительности цикла транспортирования;

T_0 - часть цикла, не зависящая от дальности транспортирования.

$$K_{\psi} = \left(\frac{1}{V_{zx}} + \frac{1}{V_{nx}} \right) \cdot \psi, \quad (2.28)$$

где V_{zx} и V_{nx} - скорости груженого и порожнего хода, м/с, [1];

ψ - коэффициент потерь времени на разгон и торможение, принимаемый в пределах от **1,25** до **1,55**.

$$L_{np} = L_{np}^0 \cdot \eta_L, \quad (2.29)$$

где L_{np}^0 - предельная (стандартная) дальность;

η_L - коэффициент учёта особенностей и усовершенствований в технологиях и машинах.

$$T_0 = T_p + T_v + T_{пов}n_{пов} + T_{пер}n_{пер} + T_{ман}n_{ман}, \quad (2.30)$$

где T_p - время резания грунта,

T_v - время выгрузки грунта,

$T_{пов}$ - время одного поворота [2];

$n_{пов}$ - число поворотов;

$T_{пер}$ - время одного переключения скоростей;

$n_{пер}$ - число переключений;

$T_{ман}$ - время одного маневрирования рабочим органом;

$n_{ман}$ - число маневрирований.

Время резания грунта T_p определим по формуле:

$$T_p = \frac{Q_{\text{ц}}}{b \cdot \delta \cdot \eta_{\text{захв}} \cdot V_p \cdot K_c}, \quad (2.31)$$

где b - ширина срезаемой стружки

δ - толщина срезаемой стружки;

$\eta_{\text{захв}}$ - КПД захвата грунта;

V_p - скорость движения при резании.

Время выгрузки грунта $T_{\text{в}}$ определяется как:

$$T_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{ц}} K_p}{b h_{\text{отс}} V_{\text{в}}}. \quad (2.32)$$

Здесь $V_{\text{в}}$ - скорость движения при выгрузке;

$h_{\text{отс}}$ - толщина слоя отсыпки.

2.5.4. Определение расчётного и проектного числа машин

Расчётное число машин определяем по следующей формуле [2]

$$N_{\text{маш}}^P = \frac{J^P}{\Pi^{\text{э}}} + 1 \quad (2.33)$$

где J^P - интенсивность работ или расчётный поток материалов, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$\Pi^{\text{э}}$ - эксплуатационная производительность одной машины, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$N_{\text{маш}}^P$ – расчётное число машин

При этом

$$N_{\text{маш}}^{\Pi} \geq N_{\text{маш}}^P, \quad (2.34)$$

где $N_{\text{маш}}^{\Pi}$ - проектное (принятое) число машин.

Заметим, что здесь, как и везде, возможны вариации числа машин.

Интенсивность работ определим по формуле:

$$J^P = \frac{V}{T^P} K_{нер}, \quad (2.35)$$

при

$$T^P = N_{ч} n_{лет} K_{сез}. \quad (2.36)$$

где V – объем работ, м³;

T^P - расчётное время выполнения работ, ч;

$K_{нер}$ коэффициент неравномерности потока строительных материалов $K_{нер} \cong 1,1$;

$N_{ч}$ - годовой режим работы машин [1, табл.26];

$n_{лет}$ - время работы в годах;

$K_{сез}$ – коэффициент учета сезона работы ($\approx 1,1 \dots 1,2$).

2.5.5. Определение проектной интенсивности и проектного времени выполнения работ по снятию растительного слоя

Значение проектной интенсивности определим по формуле:

$$J^{\Pi} = \Pi^3 N_{маш}^{\Pi}, \quad (2.37)$$

где $N_{маш}^{\Pi}$ - принятое (проектное) число машин.

Проектное время выполнения работ определим как:

$$T^{\Pi} = \frac{V}{J^{\Pi}} K_{нер} K_{зан} \quad (2.38)$$

где $K_{зан}$ - коэффициент запаса в сроках работ, примерно равный 1,1.

Определив проектное время в часах, по нижеприведённому соотношению его легко можно перевести в смены, сутки, месяцы и т.д.

$$T^П = A_{час} = V_{смен} = C_{сут} = D_{мес}.$$

2.6. Технологические решения по разработке котлована, определению видов строительной техники и их количества

2.6.1. Подбор землеройной машины (экскаватора)

Для разработки различных выемок могут применяться различные типы экскаваторов и погрузчиков [1]

Разработку котлованов под промышленные и гражданские сооружения обычно осуществляют в один ярус экскаватором обратная или прямая лопата с гидравлическим приводом на гусеничном (предпочтительно) или колёсном ходу.

Разработка карьеров производится открытым способом последовательно уступами (ярусами) сверху вниз (Приложения 2, 3). Высота уступа зависит от прочности пород и применяемой техники и колеблется от нескольких метров до нескольких десятков метров.

При глубине котлована от 2 до 6 метров возможно использование экскаватора обратная лопата, при глубине более 6 метров следует применять экскаватор прямая лопата.

Для определения параметров экскаватора необходимы следующие исходные данные [6, с.7]:

- а) наименование и группа грунта,
- б) плотность в естественном состоянии $\rho_{ест}$;
- в) размеры котлована по низу B_K , L_K ;
- г) глубина котлована H_K ;
- е) объем выемки (котлована) V .

Подбор оптимального варианта землеройной машины осуществляется по обобщенным критериям, описанных в [3, с.30] и [1, с. 42]. В качестве примера рассмотрим критерии выбора экскаватора типа прямая лопата.

Критерий **IV-1** по объёму ковша $q^B \geq q^T$,

где q - геометрический объём ковша (возможный и требуемый).

Требуемый объём ковша в первом приближении определяют, как правило, исходя из величины месячной интенсивности разработки котлована [1]. В таблице 2.3 предложены *рекомендуемые* объёмы ковша экскаватора в зависимости от интенсивности разработки.

Таблица 2.3

Объём выемки V^T м ³	Объём ковша экскаватора q^T , м ³ :
до 2500	0,4...0,65
до 5000	1...1,25
до 25000	1,6...2,5

Помимо критерия **IV-1** следует рассмотреть и другие критерии:

I-1 по размеру ковша $b^B \geq b^T$ при

$$b^T \geq d_{\max} n^T \quad (2.39)$$

III-1 по высоте копания грунта $H^B \geq H^T$,

при

$$H^B = \eta_{HB} H_{HB} \quad (2.40)$$

и

$$H^B = H_P \eta_P \quad (2.41)$$

и

$$H^T = H, \quad (2.42)$$

где H_{HB} – высота напорного вала экскаватора;

η_{HB} – коэф. использования высоты напорного вала [2, с.31];

H_P и η_P – высота резания (копания) грунта и коэффициент ее использования, принимаемый в пределах от 0,85 до 1,0 (для сыпучих грунтов он не ограничен);

H - требуемая высота забоя (яруса) разработки грунта.

Следует учесть, что

$$H \approx \frac{H_K}{N_Y}, \quad (2.43)$$

где H_K - глубина котлована или его части;

N_Y – принятое целое число ярусов разработки котлована экскаваторами по глубине.

III-2 по высоте наполнения ковша $H^B \geq H^T$

при

$$H^T \geq H_{HK}, \quad (2.44)$$

где H_{HK} - высота наполнения ковша [1, с.43].

III-3 по высоте выгрузки грунта $H_B^B \geq H_B^T$

при

$$H_B^T = H_{TC} + \Delta H + \Delta h, \quad (2.45)$$

где H_B^B - возможная высота выгрузки при возможном радиусе выгрузки R_B^B , определяемый по графической зависимости $H_B^B = f(R_B^B)$;

H_{TC} – высота кузова автосамосвала или другого транспортного средства;

ΔH - разница в уровнях стоянки машин;

Δh - запас высоты (0,5...1м).

Характеристики выбранного экскаватора необходимо привести в табличном виде.

Расчет ведем аналогично методике, приведенной выше и по [2, с. 10...15].

Продолжительность цикла предварительно определяем по формулам (2.56) и (2.58) настоящей работы при $\beta = 135^\circ$. Коэффициент $K_{тр}$, учитывающий группу грунта по трудности разработки, принимаем равным 1,0.

$$N_{\text{вц}}^p = \frac{I^p}{\Pi^{\text{Э}}}, \quad (2.46)$$

где I^p - расчётная интенсивность работ; $\Pi^{\text{Э}}$ - эксплуатационная производительность.

2.6.2. Расчёт числа экскаваторов как ведущих машин

Все машины в технологической цепи можно разделить на *ведущие* и *ведомые*. К звену ведущих отнесем машины, имеющие следующие признаки:

- а) наиболее дорогие и сложные машины,
- б) определяющие интенсивность работ,
- в) стоящие в начале технологической цепи,
- г) загруженные на полную мощность.

Например, в земляных работах ведущие машины – это экскаваторы; в бетонных – смесители. Однако роль ведущей машины всегда может быть уточнена технико-экономическим сравнением вариантов.

Остальные машины в технологической цепи относят к ведомым.

Поскольку число машин всегда является целым числом, то ведомые машины могут работать в недогруженном состоянии, т.е. их потенциальная производительность может использоваться не полностью.

Варианты технологии разработки котлована определяются, как правило, числом и маркой машин, а также сроками выполнения работ. При проектировании следует рассмотреть несколько вариантов машин и на основании технико-экономического сравнения вариантов определить оптимальный вариант.

В зависимости от конкретных условий строительства расчетное число ведущих машин (а равно и любых ведущих исполнителей...) определяют различными методами:

I – по эксплуатационной производительности $\Pi^э$ (экскаватора):

$$N_{вщ}^p = \frac{J^p}{\Pi^э}, \quad (2.47)$$

где $N_{вщ}^p$ - расчетное число ведущих машин, шт;

J^p - расчетная интенсивность работ.

II – по объему выработки V' , выполняемой одной машиной,

$$N_{вщ}^p = \frac{V}{V'}, \quad (2.48)$$

где V - полный объем работ, подлежащий экскавации;

$V' = W$ - объем выработки одной машиной за весь срок строительства.

III – по продолжительности работ T' , выполняемых одной машиной,

$$N_{вщ}^p = \frac{T'}{T^p}, \quad (2.49)$$

где T' – время выполнения всего объема работ одной машиной,

T^P - расчетная продолжительность выполнения всех работ, связанных с экскавацией.

Расчетная интенсивность работ J^P (поток) определяется выражением:

$$J^P = \frac{V \cdot K_{нер}}{T^P}, \quad (2.50)$$

где $K_{нер}$ – коэффициент неравномерности интенсивности работ, учитывающий **конкретные** условия строительства и временной уровень рассмотрения, принимается равным в пределах от 1,1 до 1,3.

Расчетную продолжительность выполнения всех работ, связанных с экскавацией определим выражением:

$$T^P = N_{лет} T_{ч/год} K_{сез}, \quad (2.51)$$

где $N_{лет}$ - срок выполнения работ;

$T_{ч/год}$ - годовой режим работы строительной машины (число рабочих часов машины в году [1, с.34-35]);

$K_{сез}$ – коэффициент учета сезона работы, принимаемый равным в пределах от 1,1 до 1,2.

Эксплуатационную производительность экскаватора определим по формуле:

$$П^Э = П^T \cdot K_э, \quad (2.52)$$

при

$$П^T = \frac{Q_{ц}}{T_{ц}}, \quad (2.53)$$

где $П^T$ - техническая производительность (при непрерывной работе);

K_e - коэффициент использования рабочего времени машины (примерно равный 0,8);

$Q_{ц}$ - объем продукции, вырабатываемый машиной за один цикл;

$T_{ц}$ - продолжительность цикла.

Объем продукции определим по формуле:

$$Q_{ц} = Q_{нач} - Q_{пот} = Q_{кон} = q \cdot K_3 \quad (2.54)$$

при

$$K_3 = \frac{K_n}{K_p} \cdot K_c \cdot \eta_e, \quad (2.55)$$

где q - геометрический объем ковша [2, с.18];

K_3 - коэффициент загрузки ковша;

K_n - коэффициент наполнения ковша;

K_p - коэффициент разрыхления грунта;

K_c - коэффициент сохранности грунта при переносе или транспортировании;

η_e - коэффициент эффективности выгрузки.

При определении числа ведущих машин применим метод I [2, с. 11 или 3, с. 41].

2.6.3. Расчёт проектного числа ведущих машин

Проектное число ведущих машин $N_{вщ}^{II}$ рассчитывается из совокупности следующих условий:

1) $N_{вщ}^{II} = E$ - целое число,

2) $N_{вщ}^{II} \rightarrow N_{вщ}^P$ - т.е. стремится к расчётному числу, но может быть и больше, и меньше его (для второго случая – при согласовании с заказчиком),

$$3) N_{\min} \leq N_{\text{вц}}^{\Pi} \leq N_{\max}.$$

$$4) N_{\text{вц}}^{\Pi} \rightarrow N_{\min}.$$

Продолжительность цикла экскавации предварительно определим по формуле:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{ц}90^{\circ}} K_{\beta} K_{\text{тр}}, \quad (2.56)$$

где $T_{\text{ц}90^{\circ}}$ - стандартная продолжительность цикла работы экскаватора при повороте на 90° ($T_{\text{ц}90^{\circ}} = 22\text{с}$);

K_{β} - поправка на угол поворота ($K_{\beta} = 1,15$);

$K_{\text{тр}}$ - коэффициент трудности разработки ($K_{\text{тр}} = 1,0$).

При этом проектный поток определяется как

$$I^{\Pi} = \Pi^{\text{э}} N_{\text{вц}}^{\Pi}, \quad (2.57)$$

где $\Pi^{\text{э}}$ – эксплуатационная производительность ведущей машины.

Проектное время экскавации определим по формуле:

$$T^{\Pi} = \frac{V}{I^{\Pi}} K_{\text{нер}} K_{\text{зан}}, \quad (2.58)$$

где $K_{\text{зан}}$ - коэффициент запаса, принимаемый 1,1.

Если срок выполнения работ не соответствует требуемому сроку, определяем либо другую марку ведущей машины (экскаватора), либо другое число машин.

В том случае, если в дальнейшем потребуется уточнение эксплуатационной производительности экскаватора (например, при оптими-

зации ширины забоя), то его эксплуатационную производительность приблизительно можно определить по формуле:

$$P^9 = 100q, \quad (2.59)$$

где q – геометрическая ёмкость ковша в m^3 .

При этом следует уточнить проектный поток и время экскавации.

2.6.4. Особенности расчета числа ведомых машин

При расчёте числа ведомых машин основным условием является превышение проектного числа ведомых машин $N_{\text{вм}}^{\Pi}$ над расчетным $N_{\text{вм}}^P$:

$$N_{\text{вм}}^{\Pi} \geq N_{\text{вм}}^P, \quad (2.60)$$

где

$$N_{\text{вм}}^P = \frac{I^{\Pi}}{\Pi_{\text{вм}}} \quad (2.61)$$

2.6.5. Выбор и расчеты числа автосамосвалов

Для определения числа автосамосвалов необходимы следующие исходные данные:

- a) дальность транспортирования грунта;
- b) число ковшей с грунтом, подаваемых на один самосвал;
- c) время маневрирования самосвала перед погрузкой и перед выгрузкой;
- d) время выгрузки самосвала.

Выбор автосамосвалов прежде всего осуществляем по следующим обобщенным критериям [3,с.30]:

IV-1 - по грузоподъемности G^B :

$$G^B \geq M^T, \quad (2.62)$$

где G^B - возможное значение грузопъемности автосамосвала,
 M^T - требуемое значение массы груза.

Массу груза определим по формуле:

$$M^T = Q_{\text{ц}} \cdot m_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{ест}}, \quad (2.63)$$

где $Q_{\text{ц}}$ - объем грунта в ковше, приведенный к плотному естественному состоянию в выемке [2, с.11];

$m_{\text{к}}$ - число ковшей с грунтом, подаваемых на один автосамосвал (6...10);

$\rho_{\text{ест}}$ - плотность грунта в естественном состоянии.

IV-2 - по объему кузова V^B :

$$V^B \geq V^T, \quad (2.64)$$

где V^B и V^T - возможное и требуемое значение объёма кузова.

Объем груза (грунта) в кузове определим по формуле:

$$V^T = Q_{\text{ц}} \cdot m_{\text{к}} \cdot K_p, \quad (2.65)$$

где K_p - коэффициент разрыхления грунта.

IV-3 - по скорости хода V (она должна быть максимальной):

$$v^B \geq v^T, \quad (2.66)$$

где v^B и v^T - возможное и требуемое значение скорости хода.

III-1 - по высоте борта h^B (она должна быть ниже высоты выгрузки грунта экскаватором:

$$h^B + \Delta h + \Delta H \leq H_B, \quad (2.67)$$

где h^B - возможная высота борта автосамосвала,
 Δh - запас высоты,
 ΔH - разница в высотных отметках стояния транспорта и экскаватора,
 H_B - высота выгрузки грунта экскаватором.

Далее определяем марку автосамосвала по соответствующим справочным материалам. Например, по [6, с.254]. В табличном виде выписываем необходимые технические характеристики.

Число и производительность транспортных средств определим по методике [7].

Расчетное число автосамосвалов будет:

$$N_T^p = \frac{T_{цГ}}{\max\{T_{он}; T_{оэ}\}}, \quad (2.68)$$

где $T_{цГ}$ - время полного оборота автосамосвала (время цикла транспортного средства) определим по формуле:

$$T_{цГ} = K_{ц}L + T_o \quad (2.69)$$

при

$$K_{ц} = \left(\frac{1}{v_{ГХ}} + \frac{1}{v_{ПХ}} \right) \cdot \psi \quad (2.70)$$

и

$$T_o = T_{МП} + T_{П} + T_{МВ} + T_B \quad (2.71)$$

при

$$T_{П} = T_{ц} \cdot m, \quad (2.72)$$

где $K_{ц}$ – коэффициент пропорциональности в цикле;
 L - длина транспортировки грунта;
 T_o - часть цикла, не зависящая от дальности транспортирования грунта

$v_{ГХ}$ и $v_{ПХ}$ – скорости груженого и порожнего хода [1, с.40, табл.16]. Например, в случае грунтового покрытия дороги $v_{ГХ} = v_{ПХ} = 30 \text{ км/ч} = 8,3 \text{ м/с}$;

ψ – коэффициент потерь времени на разгон и торможение (примерно равен 1,0);

$T_{МП}$ и $T_{П}$ - время маневра самосвала (0,5...2 мин) и его погрузки;

$T_{МВ}$ и $T_{В}$ - время маневра самосвала (1...2 мин) и его выгрузки (1 мин);

$T_{ц}$ - – время цикла экскавации.

Проектная интенсивность транспортирования (по Птухиной И.С.) будет

$$I_T^П = \frac{Q_{ЦГ}}{\max \left\{ T_{МП} + T_{П}; \frac{T_{ЦГ}}{N_T^П}; T_{МВ} + T_{В} \right\}}, \quad (2.73)$$

где $Q_{ЦГ}$ - объем грунта в кузове самосвала, приведенный к плотному состоянию

2.6.6. Расчеты оптимальной ширины забоя экскаватора типа «прямая лопата» и уточнение сроков работ

Для определения оптимальной ширины забоя необходимы следующие исходные данные:

- a) наименование грунта и его группа;
- b) число ковшей с грунтом, подаваемых на один самосвал m_k ;
- c) время маневра самосвала перед погрузкой $T_{МП}$;
- d) время одной передвижки экскаватора в забое $T_{пер}$;
- e) время поворота экскаватора в конце забоя $T_{пов}$;
- f) время перехода с одного яруса на второй $T_{я}$;
- g) времена отдыха операторов в течение смены

Рассмотрим работу экскаватора “прямая лопата” в боковом ярусном забое при погрузке грунта на автосамосвалы [2, с.28], [8].

Здесь одним из основных параметров является ширина забоя B , которая оказывает непосредственное влияние на производительность экскаватора. При этом существует оптимальная ширина забоя $B_{опт}$,

отклонение от которой как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения ведет к снижению производительности экскаватора.

Определение оптимальной ширины забоя, обеспечивающей максимальную производительность, и является целью приведенного решения.

Запишем техническую часовую производительность экскаватора в виде:

$$P^T = \frac{Q_{\text{ц}}}{T_{\text{ц}}}, \quad (2.74)$$

где $Q_{\text{ц}}$ - объем грунта в ковше, приведенный к естественной плотности в выемке [2, с.11];

$T_{\text{ц}}$ - продолжительность цикла экскавации.

Тогда, эксплуатационную производительность определяем как:

$$P^{\text{э}} = P^T K_{\text{в}}. \quad (2.75)$$

Коэффициент использования рабочего времени $K_{\text{в}}$ для экскаватора прямая лопата находим по формуле [8]:

$$K_{\text{в}} = \frac{1 - \sum \Theta_j}{1 - \sum \Theta_i} \cdot K'_{\text{в}} \quad (2.76)$$

при

$$\Theta_j = \frac{T_j}{T_{\text{о}j}}, \quad (2.77)$$

где Θ_i - относительная производительность основных работ;

Θ_j - относительное время выполнения прочих работ j - го рода;

T_j - время выполнения прочей работы j ;

$T_{\text{о}j}$ - промежуток полного времени работ, к которому относится T_j ;

$K'_{\text{в}}$ - дополнительный коэффициент использования рабочего времени машины ($\approx 0,95$).

При $j=1$ – ежечасный отдых оператора, например: $T_1=5$ мин, $T_{01}=1$ час;

при $j=2$ – полусменный отдых: $T_2=5$ мин, $T_{02}=4$ часа;

при $j=3$ – ежесменный отдых: $T_3=5$ мин, $T_{03}=8$ часов.

$$\Theta_i = \frac{\Pi^T}{\Pi_i} \quad (2.78)$$

при

$$\Pi_i = \frac{W_i}{T_{ni}}, \quad (2.79)$$

где Π_i – условная производительность выполнения прочих работ i - того вида.

W_i – объем основных работ, выполненных до начала выполнения прочей i -ой работы,

T_{ni} – абсолютное время выполнения прочей i -ой работы.

При $i=1$ – учет времени на замену автомобилей-самосвалов перед экскаватором:

$$T_{n1} = T_{МП}, \quad (2.80)$$

$$W_1 = Q_u \cdot m, \quad (2.81)$$

где $T_{МП}$ – время, маневра самосвала перед погрузкой (0,5...2 мин), включая перерывы в подаче самосвалов;

Q_u – объем грунта в ковше экскаватора, приведенный к плотному состоянию выемки;

m – число ковшей с грунтом, подаваемых на один самосвал.

При $i=2$ – учет времени на переход экскаватора с одной стоянки на другую:

$$T_{n2} = T_{пер} \quad (2.82)$$

$$W_2 = l_{II} \cdot H \cdot B, \quad (2.83)$$

где $T_{пер}$ - время, затрачиваемое на одну передвижку экскаватора (1...4 мин);

W_2 - объем грунта(АБСДЕ), разрабатываемый с одной стоянки экскаватора;

l_{II} - длина передвижки экскаватора;

B - ширина забоя,

H - высота забоя.

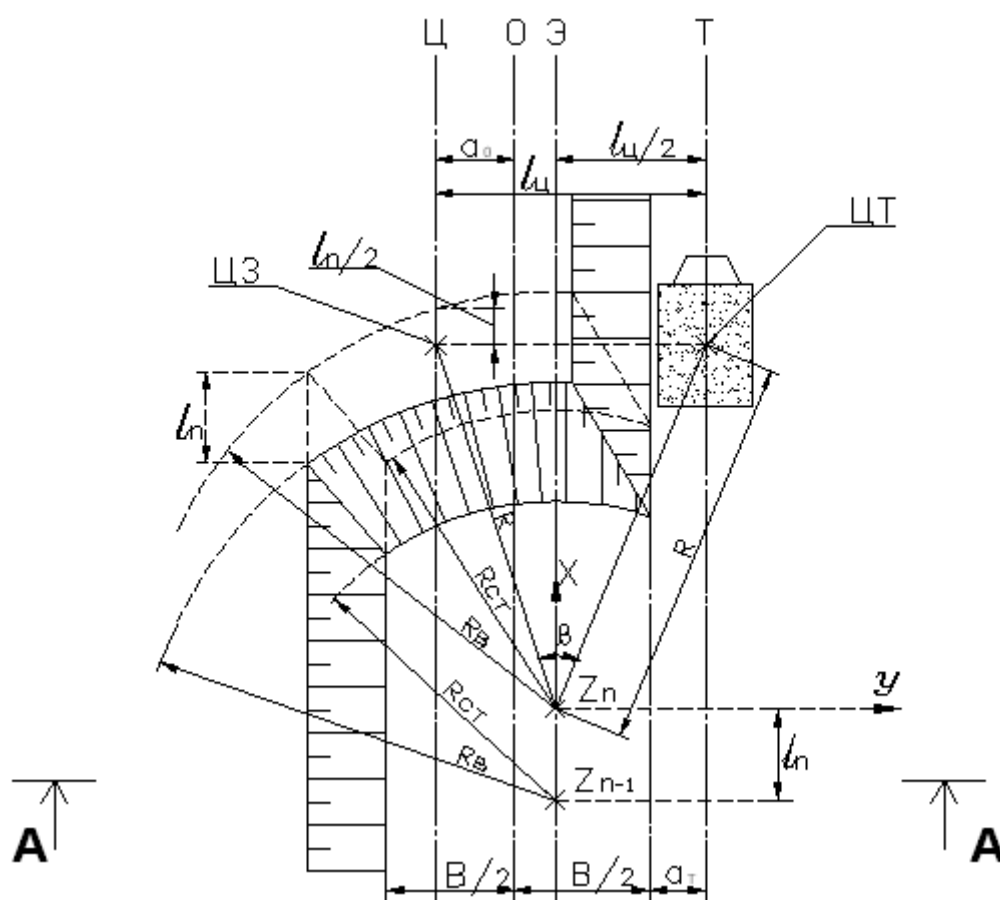
При $i=3$ - переход на другой забой;

При $i=4$ - переход на другой ярус и т.д.

$$B = 2 \cdot (2 \cdot R \cdot \sin \beta / 2 - a), \quad (2.84)$$

где R - средний расчетный радиус копания (при заборе грунта);

β - средний (от ЦЗ до ЦТ) расчетный угол поворота экскаватора на выгрузку (рад).



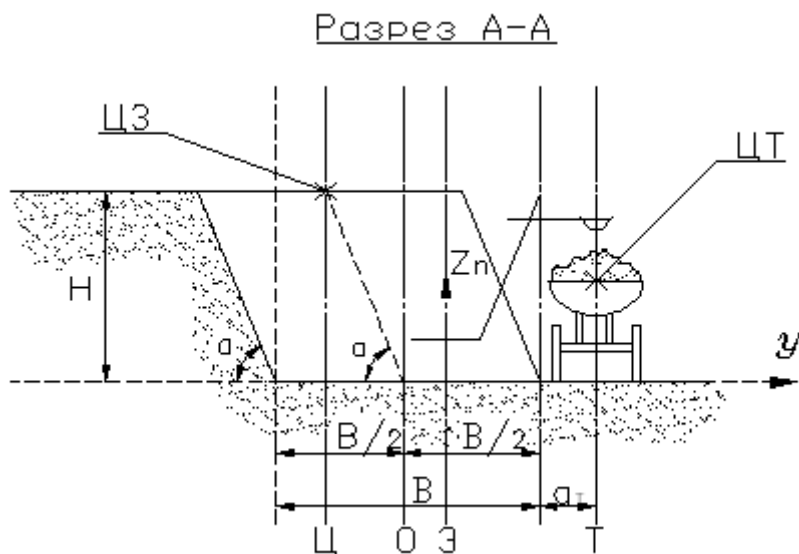


Рис. 2.8. Расчетная схема к определению оптимальной ширины забоя экскаватора прямой лопата.

Частная ширина рабочей зоны экскаватора:

$$a = a_0 + a_T \quad (2.85)$$

при

$$a_0 = H \cdot \operatorname{ctg} \alpha \quad (2.86)$$

и

$$a_T = b_T / 2 + \Delta a_T, \quad (2.87)$$

где a_0 – эксцентриситет забоя;

a_T – расстояние от границы забоя до оси транспортного хода;

b_T – ширина транспортного средства (см. п. 1.4.2);

Δa_T – запас ширины (0,5...1,0 м);

α – расчётный угол откоса элемента забоя (50...75°).

$$T_{Ц} = K_{Ц} \cdot \beta + T_0, \quad (2.88)$$

Ниже приведены справочные эмпирические зависимости [2, с.31]:

$$T_0 = K_{TP} \cdot 2,7 \cdot \sqrt[4]{M_{Э}} + 2 + 0,5 \cdot R_P, \text{ с} \quad (2.89)$$

$$K_{Ц} = 0,45 \cdot R_P, \text{ с/рад} \quad (2.90)$$

$$l_{П} = 0,5 \cdot H_{HB}, \text{ м} \quad (2.91)$$

$$H = \eta_{HB} \cdot H_{HB}, \text{ м} \quad (2.92)$$

$$H_{HB} = 1,5 \cdot \sqrt[4]{M_{\mathcal{E}}}, \text{ м} \quad (2.93)$$

$$R = R_B - 0,5 \cdot l_{II}, \text{ м} \quad (2.94)$$

Здесь K_{TP} – коэф. трудности разработки грунта (0,55...1,0);

$M_{\mathcal{E}}$ - масса экскаватора, т;

R_P - максимальный радиус копания грунта;

η_{HB} - относительная высота забоя (1,0...1,2);

H_{HB} - высота напорного вала на стреле экскаватора;

R_B - максимальный радиус выгрузки;

H – рекомендуемая высота забоя, может иметь и другую величину, например, полученную из условия разбивки выемки на отдельные ярусы разработки, при этом расчётная высота забоя будет принята в соответствии с конкретной разбивкой [2, с.21].

Ниже приведена форма таблицы для определения величины оптимальной ширины забоя.

Таблица 2.4

$\Pi^{\mathcal{E}},$ м ³ /ч	$\Pi^T,$ м ³ /с	$T_{\mathcal{U}},$ с	$K_{\mathcal{B}}$ -	Θ_1 -	$\Pi_2,$ м ³ /с	Θ_2 -	$\Sigma \Theta$ -	$B,$ м	$\sin \beta/2$ -	$\beta_0,$ град	$\beta,$ рад
---	-------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------	-------------------------------	-----------------	----------------------	-----------	---------------------	--------------------	-----------------

Из геометрических соотношений имеем предельные величины для ширины забоя (теоретический максимум и технологический минимум).

$$B_{MAX}^{TEOP} = \frac{2}{3} \left[2 \cdot (\sqrt{R_{CT}^2 - l_{II}^2} + a_O) - a \right], \quad (2.95)$$

$$B_{MIN}^{TEXH} = \frac{m \cdot Q_{II}}{l_{II} \cdot H}, \quad (2.96)$$

$$B_{MIN} = b_{\text{КОВША}}, \quad (2.97)$$

где R_{CT} - максимальный радиус копания грунта на уровне стоянки экскаватора.

При малых B рекомендуется проверить, не касается ли платформа экскаватора откосов забоя. Проверка легко выполняется графически на плане забоя или по условию:

$$B_{MIN}^{ГЕОМ} = 2 \cdot r_{XB}, \quad (2.98)$$

где r_{XB} - радиус хвостовой части экскаватора [6].

Абсолютная максимальная ширина забоя (физический максимум) и её технологический максимум определяются по формулам:

$$B_{MAX}^{ФИЗ} = \sqrt{R_{СТ}^2 - l_{П}^2} + R_B - a_T \quad (2.99)$$

$$B_{MAX}^{ТЕХ1} = 2\sqrt{R_{СТ}^2 - l_{П}^2} \quad (2.100)$$

$$B_{MAX}^{ТЕХ2} = 2R_{СТ} \quad , \quad (2.101)$$

где R_B - максимальный радиус выгрузки.

Задавая ряд величин β_i , находят соответствующие им производительности Π_i^{ϑ} и строят график функции $\Pi^{\vartheta} = f(\beta, B)$, представленный на рис. 2.9, по которому находят оптимальный угол поворота экскаватора β_{opt} , соответствующий максимуму эксплуатационной производительности Π_{max}^{ϑ} .

По величине β_{opt} находят остальные технологические параметры, в том числе оптимальную ширину забоя B_{opt} и уточняют расчетом величину Π_{max}^{ϑ} .

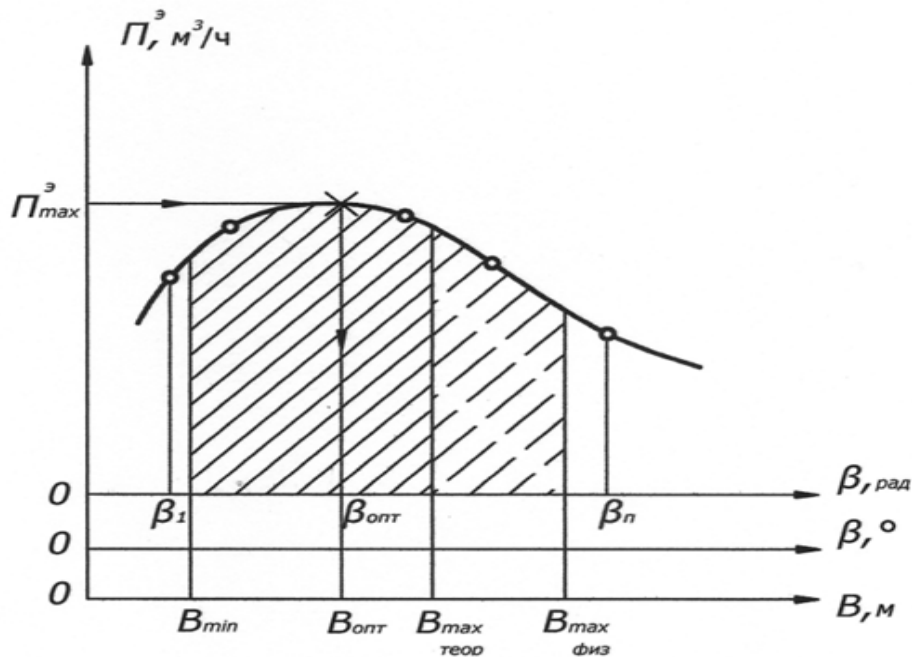


Рис.2.9 График оптимизации ширины забоя

Эта производительность может служить основой для уточнения: необходимого количества экскаваторов, а также срока строительства. При этом проектный поток экскавации для оптимальной ширины забоя:

$$I^{\Pi} = \Pi_{\text{МАКС}}^{\text{Э}} \cdot N_{\text{ЭКСК}}^{\Pi} \quad (2.102)$$

Уточненное проектное время выполнения работ при оптимальной ширине забоя будет:

$$T^{\Pi} = \frac{V}{I^{\Pi}} K_{\text{НЕР}} \cdot K_{\text{ЗАП}} \quad (2.103)$$

$$T^{\Pi} = \dots \text{ ч} = \dots \text{ смен} = \dots \text{ сут} = \dots \text{ мес.}$$

Отметим, что здесь повышение производительности достигается без каких-либо дополнительных затрат, лишь изменением геометрических параметров технологического процесса.

Разбивка котлована на ярусы и забои представлена на рисунках приложения **2 и 3**.

2.7. Планировка дна котлована

Планировка дна котлована – обязательная технологическая опе-

рация для устранения шероховатостей и неровностей, образованных при экскавации, и выравнивания поверхности дна перед уплотнением.

При экскавации на дне котлована необходимо запроектировать защитный слой грунта (недобор), который при уплотнении занял бы проектное положение отметки дна котлована.

Толщина защитного слоя зависит как от ёмкости ковша, так и от рода грунта и его строительных характеристик (плотности, влажности и др.). Например, для глины минимальная толщина слоя составляет 5 см, для песка – 10 см. (Обычно экскаваторы с объёмом ковша 1,25 ... 2,5 м³ дают недобор на площадке 5...10 см).

Для планировочных работ используют либо грейдер, либо обычный бульдозер с тяговым усилием в 10 т с универсальным отвалом, который устанавливается с небольшим перекосом относительно продольной оси бульдозера.

В случае использования для планировочных работ бульдозера, выбор марки и расчёт осуществляется по методике, описанной в пункте 2.5.

2.8. Выбор и расчеты машин для уплотнения грунта основания.

Заключительным этапом работ по устройству котлована является уплотнение его дна. Для уплотнения связного грунта обычно используют кулачковые, либо пневмошинные самоходные катки; для уплотнения несвязного – вибрационные гладковальцевые или комбинированные (вибровалец + пневматики) самоходные катки. Схема движения уплотняющей машины представлена в Приложении 4.

Критерии выбора грунтоуплотняющей машины:

III-1: по толщине уплотнённого слоя, т.е. $h^B \geq h^T$;

V-1: по степени уплотнения грунта, т.е. $\rho^B \geq \rho^T$.

Так как при экскавации и планировке плотная природная структура грунта нарушается на глубину не более 20 см, считаем, что тол-

щина уплотняемого слоя не должна превышать указанную величину.

Для определения эксплуатационной производительности катка используем формулу:

$$P^{\text{Э}} = P^T \cdot K_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{ц}}}{T_{\text{ц}}} \cdot K_{\text{в}} = \frac{h_{\text{сл}} \cdot (b - \Delta b) \cdot L_{\text{к}} \cdot K_{\text{в}}}{\left(\frac{L_{\text{к}}}{v_{\text{к}}} + T_{\text{пов}}\right)n}, \quad (2.104)$$

где $h_{\text{сл}}$ – толщина уплотненного слоя грунта;
 b - ширина полосы уплотнения (следа катка);
 Δb - ширина перекрытия полос уплотнения при последующих проходках катка, равное 0,15 – 0,20 м;
 $v_{\text{к}}$ скорость движения катка;
 $K_{\text{в}}$ - коэффициент использования рабочего времени, равный 0,85;
 $L_{\text{к}}$ - длина карты уплотнения;
 n – число проходов по одному следу (6 – 8);
 $T_{\text{пов}}$ – время одного поворота катка.

Число катков и проектное (принятое) время работ определим по пункту 2.5.

Для расчётов используем технические характеристики катков, подобранных по справочным материалам.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
БЕТОННЫХ РАБОТ**

3.1. Бетонирование фундаментной плиты с помощью кранов

При бетонировании фундамента в котловане требуется определить интенсивность укладки бетонной смеси и соответствующую производительность бетоносмесительной установки (БСУ), обеспечивающей необходимый темп бетонирования.

При этом следует учитывать как объём фундамента, так и объём сторонних бетонных работ, т.е. количество бетонной смеси, которое необходимо приготовить для бетонирования фундамента и других сооружений стройки за определённый период.

3.1.1. Расчеты объемов работ

Определение объёма фундамента на основании исходных данных трудности не представляет. В расчётах можно допустить, что для всех сооружений будет использована смесь одного состава.

Общий объём бетонных работ можно определить в виде:

$$V_{бр} = V_{осн} + V_{дон}, \quad (3.1)$$

где $V_{осн}$ – объём основных бетонных работ, м³.

$V_{дон}$ – объём бетонных работ по другим сооружениям, м³.

Объём основных бетонных работ, то есть работ по бетонированию фундаментной плиты, равен объёму этой плиты, и вычисляется по формуле:

$$V_{осн} = L_{\phi} \times B_{\phi} \times H_{\phi} \quad (3.2)$$

где L_{ϕ} – длина бетонной плиты, м;

B_{ϕ} – ширина бетонной плиты, м;

H_{ϕ} – высота бетонной плиты, м.

Расчетная интенсивность бетонных работ ($I_p, \text{м}^3$), которая так же является расчетной производительностью бетонного завода ($\Pi^{\text{бз}}_{\text{расч}}, \text{м}^3$), определяется по формуле:

$$J^p = \frac{V_{\text{бр}} \times K_{\text{нер}}}{T^p} \quad (3.3)$$

где T^p – расчётная продолжительность работ по бетонированию сооружения, ч.

$K_{\text{нер}}$ - коэффициент неравномерности работ(1,1...1,3).

Фактическая интенсивность бетонных работ ($I_{\phi}, \text{м}^3$), которая так же является фактической производительностью бетонного завода ($\Pi^{\text{бз}}_{\text{факт}}, \text{м}^3$), определяется по формуле:

$$I_{\phi} = K_z \times I_p \quad (3.4)$$

где $K_z=1,1$ – коэффициент запаса.

3.1.2. Выбор и расчеты числа бетоносмесителей, как ведущих машин

Исходные данные: характеристики бетонной смеси: крупность заполнителя d , осадка конуса OK .

Известны бетоносмесители а) циклического действия и б) непрерывного действия, а так же:

1) гравитационного и 2) принудительного перемешивания.

Так как применяем густое армирование и варианты возможности подачи смеси бетононасосами, бетон используем на заполнителе $d \leq 40\text{мм}$.

Критерии выбора бетоносмесителей:

I-1 крупность заполнителя $d_s \geq d_T$;

IV-1 осадка конуса смеси, т.е. $OK_s \leq OK_T$,

где d_s и d_T - диаметр крупного заполнителя, соответственно обрабатываемый смесителем и требуемый по составу бетонной смеси; OK_s и

OK_T -осадка конуса бетонной смеси, соответственно обрабатываемой смесителем и требуемой по составу.

$$\text{IV-2 время работ } \frac{1}{T^B} \geq \frac{1}{T^T},$$

где T - продолжительность работ,зависящая от числа машин.

Расчет числа ведущих машин выполняем аналогично расчёту экскаваторов, как ведущих машин

Требуемое время выполнения работ

$$T^T = n^T_{мес} \times n_{сут} \times n_{смен} \times n_{ч} \quad (3.5)$$

и требуемый поток бетонной смеси (требуемая интенсивность работ)

$$I^T_{BC} = \frac{V_B}{T^T} \times K_{НЕР}, \quad (3.6)$$

где $K_{НЕР}$ - коэффициент неравномерности потока.

Далее, на основе общих критериев, выберем, например, гравитационный бетоносмеситель [11, с.11]. Характеристики бетоносмесителя приведены в таблице...

$$N^P_{МАШ} = \frac{I^T}{\Pi^э} \quad (3.7)$$

При этом цикл перемешивания для смесителей гравитационного типа можно принять равным **2...3 мин**, для принудительного типа – **1,5 мин**.

Определяем проектную интенсивность:

$$I^{\Pi} = \Pi^э \times N^{\Pi}_{МАШ} \quad (3.8)$$

Определяем возможное проектное время выполнения работ:

$$T^B = T^{\Pi} = \frac{V}{I^{\Pi}} \times K_{нер} \times K_{зан} \quad (3.9)$$

3.1.3. Выбор бадей и кранов

Выбор бадей

Бадьи делятся на: а) неповоротные (проходные типа бункера) и б) поворотные (опрокидные типа «туфельки»). Их затворы могут быть

оборудованы машинным приводом, боковой разгрузкой, вибропитателем, винтовым конвейером, хоботом и т.д.

Известны резиновые бадьи [11, с.60]. Там же приведены и поворотные бадьи с диапазоном ёмкостей **0,8...8 м³** и рекомендации по их выбору.

IV-1: по числу кранов, т. е. $N^B \geq N^T$

$$N_T^P = \frac{J_{BC}^П}{П_{КР}^Э} \quad (3.10)$$

$$П_{КР}^Э = \frac{Q_{ц.кр.}}{T_{ц.кр.}} \times K_B \quad (3.11)$$

$$Q_{ц.кр.} = Q_{бад} \quad (3.12)$$

где $Q_{бад}$ – объем бетонной смеси в бадье,

$П_{КР}^Э$ - ориентировочная эксплуатационная производительность крана м³/ч,

$Q_{ц.кр.}$ - объём бетонной смеси подаваемой краном за один цикл м³.

Для подачи бетонной смеси в блок подбираем, например, в поворотную бадью полезной емкостью $V_{бад}$ и в табличном виде приводим её технические характеристики.

Выбор кранов

Основные **критерии выбора** крана остаются общими [3, с.30]. Ниже раскрыты некоторые из них:

I-1: по дальности подачи груза, т.е.

$$R_B \geq R_T = l_{TP} = \frac{b_k}{2} + a + B + \Delta l - \frac{b_{TP}}{2} \quad (3.13)$$

$$R_B = R_B(G_T) \quad (3.14)$$

где R_B, R_T , - возможный и требуемый радиус вылета;

b_k – колея крана;

a и B – расстояние от колеи крана до блока и его ширина;

Δl – запас вылета крюка, зависящий от длины блока, определяемый, например, на плане графически;

$b_{ГР}$ – ширина груза;

G_T - требуемая грузоподъемность;

или по формуле:

$$R_T = l_{TP} = r_{XB} + B + \Delta l - \frac{b_{ГР}}{2} \quad (3.15)$$

где r_{XB} – радиус, описываемый хвостовой частью крана.

IV-1: по грузоподъемности, т.е.

$$G_B \geq G_T = G_{ГР} + G_{ТАРЫ} + G_{СТР} \quad (3.16)$$

где G_B - возможная грузоподъемность,

$G_{ТАРЫ}$ – масса тары,

$G_{СТР}$ – масса стропов.

Следует иметь в виду соотношения

$$G_{ГР} = m \times G_{ТР} \quad (3.17)$$

или

$$G_{ГР} \leq Q_{бад} \times \rho_{бс} \quad (3.18)$$

где $G_{ГР}$ – масса груза на транспортном средстве доставки к крану;

m – кратность приема груза краном (0,5; 1,0; 2,0; ...);

$Q_{бад}$ - емкость бадьи,

$\rho_{бс}$ - плотность бетонной смеси.

III-1: по высоте подачи груза, т.е.

$$H_B \geq H_T = h_{TP} = H_{coop} + h_{стр} + \Delta h + h_{зр} - H_{упр} \quad (3.19)$$

при

$$H_B = H_B(R_T) \quad (3.20)$$

где H_{coop} , h_{ep} и h_{cmp} – высоты сооружения, груза (с тарой) и стропов, Δh – запас высоты подъёма груза с учетом возможных выступов опалубки, шатров и других устройств, H_{yup} – превышение уровня стоянки крана над основанием сооружения, включая высоту эстакады.

Выбор крана с учетом глубины котлована приведен в [14, с.22 и 23].

$$\text{I-2: по габаритам крана, т. е. } r_T \leq \frac{b_B}{2} \quad (3.21)$$

где b_B – минимальный размер площадки установки крана в плане; r_T – максимальный радиус выступа габаритов от оси вращения крана.

$$\text{II-1: по углу поворота стрелы крана, т.е. } \beta_B \geq \beta_T = 2\pi \quad (3.22)$$

$$\text{IV-2: по скорости перемещения груза, } V_B \geq V_T, \quad \dot{V}_B \geq \dot{V}_T \quad (3.23)$$

где V_B, \dot{V}_B – возможные грузоподъёмность, скорость и ускорение движения крюка и крана на i -ом участке (с индексом «Т» – их требуемые величины).

$$\text{IV-3: по точности подачи груза, т.е. } \frac{1}{\Delta X_B} \geq \frac{1}{\Delta X_T} \quad (3.24)$$

где ΔX – величина отклонения подачи груза от проектной точки.

$$\text{IV-4: по прочим затратам времени, т.е. } \frac{1}{T_B} \geq \frac{1}{T_T} \quad (3.25)$$

где T_i – затраты времени на подготовительные и непредвиденные операции (доставка крана, монтаж, перестановка, перебазирование, технический уход, ремонт, замена и т. п.).

VI-1: по устойчивости крана против падения, т. е.

$$\gamma_B \leq \gamma_T; \quad K_{3B} \geq K_{3T} \quad (3.26)$$

где γ – угол отклонения башни крана от вертикали и линии контакта крана с землей от горизонтали;

K_3 – коэф. запаса устойчивости крана против опрокидывания(с учетом нелинейности задачи).

Краны относятся к машинам циклического действия, поэтому расчет эксплуатационной производительности ведем согласно общему подходу. При этом приближенное время цикла работы крана принимаем в пределах 5...6 мин.

3.1.4. Расчеты производительности и числа кранов при выполнении бетонирования

Эксплуатационную производительность крана на подаче бетонной смеси можно определить и по формуле

$$P_{KP}^{\text{Э}} = P_{KP}^T \cdot K_B = \frac{Q_{Ц KP}}{T_{Ц KP}} \cdot K_B. \quad (3.27)$$

Комплексная производительность крана (с учетом смешанной подачи и других материалов)

$$P_{КОМПЛ}^{\text{Э}} = P^{\text{Э}} \times \eta_{BC}, \quad (3.28)$$

где η_{BC} – коэф. использования производительности крана на подаче бетонной смеси (≈ 1).

Число кранов выбираем как для ведущих машин, по интенсивности подачи бетонной смеси в блок $I_{БЛ}^{\text{П}}$ (п. 2.6.2.).

Другим вариантом подачи бетонной смеси в блок может быть применение автобетононасосов.

3.1.5. Выбор размеров блоков бетонирования

Максимальные размеры блоков в плане из условия обеспечения надёжности перекрытия технологических швов определяются прежде всего производительностью комплекса бетоносмесительных и бетоноукладочных машин.

Исходя из этих условий, площадь непрерывно бетонизируемого блока определяется как:

$$F_{\text{бл}} = \frac{Q \times t}{h_{\text{сл}}} \quad (3.29)$$

где Q – интенсивность укладки бетонной смеси, м³/ч;

t – расчётное (наибольшее) время перекрытия слоя бетонной смеси, принимаем $t=2$ ч;

$h_{сл}$ – толщина слоя бетонной смеси, м.

Толщина слоя выбирается в зависимости от длины рабочей части вибратора-бетоноуплотнителя [1, с.68]).

Критерии определения толщины слоя

$$1) h_{сл} \ll l_{упл} \times K_{упл} \quad (3.30)$$

$$2) h_{сл} = \frac{H_{\phi}}{n_{сл}} \quad (3.31)$$

Проектная площадь блока должна соответствовать условию:

$$F_{\text{бл}}^{\Pi} \leq F_{\text{бл}}^P \quad (3.32)$$

Интенсивность подачи бетонной смеси в блок определим по формуле

$$I_{\text{БЛ}}^{\Pi} = \alpha \times I_{\text{БС}}^{\Pi} \quad (3.33)$$

где α - степень использования проектного потока (интенсивности производства) бетонной смеси [3, с.38].

Время укладки одного слоя бетона в блок определяется как

$$T_{сл} = T_{\text{Б}} - T_{\text{ТР}} \quad (3.34)$$

при

$$T_{\text{ТР}} = T_{\text{ЦТ}} - T_{\text{ПХ}} - T_{\text{МП}} + T_{\text{ЦКР}} + T_{\text{упл}} \quad (3.35)$$

где $T_{\text{Б}}$ - возраст бетонной смеси к моменту закрытия ее следующим слоем, обычно принимается равным времени начала схватывания смеси $T_{\text{СХ}} \cong 1...4$ ч;

T_{TP} - время транспортирования бетонной смеси;

$T_{ЦКР}$ - время цикла подачи бетонной смеси краном в блок, составляют 5 - 7 мин). Остальные обозначения см. в п. 2.6.2.

Время погрузки смеси в ёмкость транспортного средства

$$T_{II} = \frac{Q_c}{I_{BC}^{II}}, \quad (3.36)$$

где Q_c – объем смеси в одном транспортном средстве (например, в кузове бетоновоза), см.п.3.1.8.

Рекомендации по разбивке на блоки приведены в [14, рис. 3, 4 и 5].

Согласно полученной площади (3.29) разбиваем фундаментную плиту на блоки бетонирования (приложение 5). Высота блоков определяется как габаритами сооружения, так и условиями обеспечения требуемого температурного режима бетонной смеси в блоках и в сооружении в целом [15].

Схемы подачи бетона в блок с помощью крана показана в приложении 7 и 8.

3.1.6. Установка арматуры и опалубки

Классификации арматуры и опалубки приведены в [3, с.128] и [3, с.92].

1. Армирование блоков осуществляем армосетками, армопакетами или армокаркасами [13] [15], например, по несколько арматурных элементов на блок.

Частота подачи армокаркасов составляет примерно **2 цикла в час**.

2. Опалубка – это временная конструкция, которой ограждается бетонировемый блок и в которую укладывается бетонная смесь. Она обеспечивает форму и размеры блоков (приложение 6.). Рекомендации по опалубке см. также в [14, с.5 и 15].

Армирование фундаментной плиты выполняется полностью, внутреннее опалубливание блоков осуществляется с опережением фронта работ несъёмной опалубкой.

При такой организации работы мы исключаем горизонтальные рабочие швы, подготовка вертикальных рабочих швов на стыке блоков не требуется.

По первому варианту принимаем опалубку щитовую деревянную съёмную. Продолжительность подачи щита и установка на место составляет примерно 15 мин. В зависимости от размера расчётного блока и их количества N определяется число устанавливаемых щитов, и затраченное время.

Размеры одного щита определим по формулам:

$$h_{щ} = H + \Delta h \text{ при } \Delta h \approx 0,2 м \quad (3.37)$$

$$l_{щ} = h_{щ} \times K_l \text{ при } K_l = 1..5 \quad (3.38)$$

Всего на установку арматуры и опалубки в один блок требуется подготовительного времени:

$$T_{подг} = T_{АРМ} + T_{ОП} = \dots \text{час} = \dots \text{смен.} \quad (3.39)$$

Второй вариант опалубки: щитовая алюминиевая (или пластмассовая), съёмная.

Третий вариант опалубки: железобетонные плиты с выпусками арматуры, несъёмные.

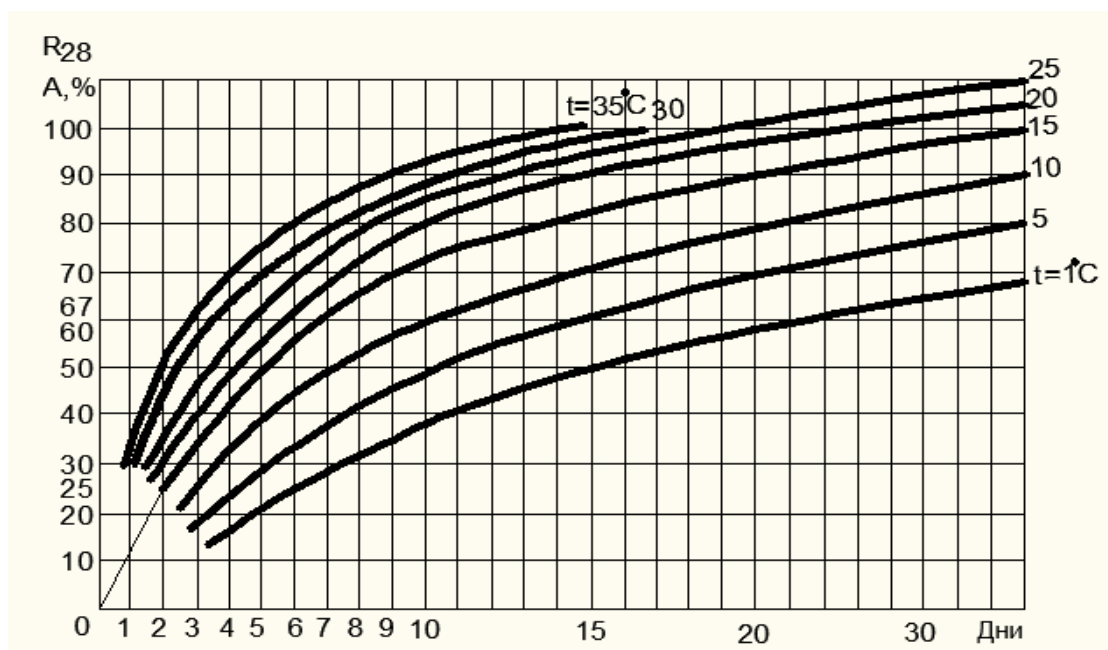


Рис. 3.1. График твердения бетона на портландцементе:

[Чураков А.И. и др. 1985, с.370]

25% - распалубка обыкновенных массивов;

- 50% - возможно зоиораживание;
- 70% - распалубка тетроподов;
- 100% - снятие несущей донной опалубки;
- Распалубка при вакуумировании через 6 часов.

3.1.7. Выбор и расчеты числа бетоновозов для крана

Известны следующие типы бетоновозов:

1) автомобили-самосвалы; 2) автобетоновозы; 3) автобетоносмесители; 4) автобетоносмесители с бетононасосом и с распределительной стрелой и др.

Основные положения выбора бетоновозов – см. [11, с.22].

Преимущества автобетоновозов заключаются в том, что это специализированные автомобили, предназначенные для перевозки готовой бетонной смеси. Их высокие закрытые кузова каплевидной формы расположены в зоне минимальной вибрации рамы автомобиля, благодаря чему обеспечивается сохранность бетонной смеси от расслоения и разбрызгивания.

Для защиты смеси от воздействия осадков и ветра кузов снабжен крышкой, а для предохранения от температурного воздействия- двойной обшивкой, образующей полости , что позволяет термоизолировать или обогреть кузов выхлопными газами [11, с.26].

Преимущества автобетоносмесителей заключаются в том, что они позволяют транспортировать сухую бетонную смесь на неограниченные расстояния, затем непосредственно перед доставкой к сооружению производить затворение и перемешивание бетонной смеси.

Машины с распределительной стрелой позволяют исключить кран на подаче бетонной смеси в блок.

Критерии выбора бетоновозов аналогичны таковым для землевозов:

$$\text{IV-1: по объёму груза, т.е. } Q_B \geq Q_T \tag{3.40}$$

при

$$Q_{T1} = Q_{см} \cdot m_{см} \tag{3.41}$$

или

$$Q_{T2} = V_{б\text{ад}} \cdot n_{б\text{ад}} \tag{3.42}$$

$$\text{VI-2: по грузоподъёмности, т.е. } G_B \geq G_T; \tag{3.43}$$

при

$$G_T = Q_{T2} \cdot \rho_{см}, \quad (3.44)$$

где $Q_{см}$ – объем готового замеса;

$m_{см}$ – число замесов, подаваемых на один бетоновоз;

$n_{бад}$ – число одновременно заполняемых бетоном бадей из бетоновоза (0,5; 1; 2),

$\rho_{см}$ – плотность бетонной смеси;

Q_B – ёмкость бетоновоза;

G_B – грузоподъёмность бетоновоза.

Заметим, что условие (3.43) не является строгим, если бункер выдачи снабжен дозирующим устройством.

$$\text{IV-3: по скорости транспортирования, т.е. } V_B \geq V_T \quad (3.45)$$

Выбираем бетоновоз конкретного типа и марки с характеристиками, приведенными в таблице...

Расчетное число транспортных средств, а также и расчетный поток доставки бетонной смеси определяем аналогично землевозам (автомобилям – самосвалам).

Автобетоносмесители с ленточным конвейером и рекомендации по выбору транспортных средств приведены в [11, с.28].

3.1.8. Выбор и расчёт числа бетоноуплотнителей.

После разгрузки порции бетонной смеси в блок она должна быть уплотнена. Для этого используют бетоноуплотнители вибрационного типа:

- а) глубинные;
- в) наружные, прикрепляемые к опалубке;
- б) поверхностные;
- г) виброплощадки и вибростолы.

Выше было указано, что массивные фундаменты и плиты обычно бетонируют слоями, смесь в каждом слое уплотняют глубинными вибраторами. Глубинные вибраторы по конструктивному решению подразделяются на:

- а) с гибким валом;

- б) со встроенным электродвигателем;
- в) с пневматическим двигателем;
- г) электромеханические подвесные, управляемые с помощью манипуляторов.

Включённый вибратор погружают в бетонную смесь таким образом, чтобы конец его рабочей части достиг или даже опустился ниже временной границы между ранее уложенным (и уплотнённым) и “новым”, верхним слоем.

Вибрационные колебания распространяются как радиально, так и в осевом (но в меньшей степени) направлении, поэтому под их воздействием частицы бетонной смеси перемещаются, происходит “упаковка” зёрен заполнителя и вытеснение воздуха; граница между слоями исчезает.

Толщина уплотняемого слоя бетонной смеси должна быть равна (отклонение ± 5 см допустимо) длине рабочей части вибратора и составлять определённую долю толщины фундамента.

Например, плиту толщиной 1,2 м будем бетонировать в 3 слоя, смесь уплотнять вибратором ИВ-112 с длиной рабочей части 41 см. Фундаменты и плиты толщиной до 0,6 м можно укладывать одним слоем.

Наибольшее применение в промышленном и гражданском строительстве имеют ручные глубинные вибраторы со встроенным электродвигателем (см. пособие [11]).

В труднодоступных местах, при большом насыщении конструкции арматурой и закладными частями, а также при расположении рабочего значительного выше уплотняемой бетонной смеси, удобны глубинные вибраторы с гибким валом, но они менее производительны.

Критерии выбора вибратора запишем в виде:

I-1: по наружному диаметру корпуса вибронаконечника,

$$d_B \leq d_T \quad (3.46)$$

при

$$d_T = (a - d_a) \times \eta_a, \quad (3.47)$$

где a и d_a - шаг стержней арматуры и их диаметр;

η_a - степень использования зазора ($\approx 0,7$).

III-1: по толщине уплотняемого слоя, т.е. $h_{\text{в}} \geq h_{\text{сл}}$, (3.48)

при

$$h_{\text{в}} = l_{\text{В}} \cdot \eta_{\text{В}}, \quad (3.49)$$

где $h_{\text{в}}$ - возможная глубина уплотнения бетонной смеси с применением выбранного вибратора;

$h_{\text{сл}}$ - толщина уплотненного слоя бетонной смеси в блоке, которая зависит от высоты блока и его разбивки на горизонтальные слои;

$l_{\text{В}}$ - длина рабочей части вибратора;

$\eta_{\text{В}}$ - коэф. использования длины ($\leq 1,25$).

IV-1: по грузоподъемности манипулятора, т.е. $G_{\text{в}} \geq M_{\text{Т}}$, (3.50)

где $G_{\text{в}}$ - возможная грузоподъемность манипулятора;

$M_{\text{Т}}$ - масса выбранного бетоноуплотнителя.

IV-2: по частоте вибрации, т.е. $\nu_{\text{В}} \geq \nu_{\text{Т}}$. (3.51)

Характеристики выбранного бетоноуплотнителя приведены в таблице.

Эксплуатационная производительность вибратора

$$П^{\text{э}} = П^{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{ц}}}{T_{\text{ц}}} \cdot K_{\text{в}} = \left(\pi \cdot R_{\text{в}}^2 \cdot h_{\text{сл}} \cdot \eta / T_{\text{ц}} \right) \cdot K_{\text{в}} \quad (3.52)$$

при

$$R_{\text{В}} \cong 5d, \quad (3.53)$$

где $R_{\text{В}}$ - радиус эффективного действия вибратора;

$h_{\text{сл}}$ - толщина уплотненного слоя, принимаемая примерно равной длине рабочей части вибронаконечника;

η - коэффициент, учитывающий геометрию перекрытия уплотняемых зон в плане ($\eta \cong 0,7$);

$T_{\text{ц}}$ - время цикла уплотнения (1...2,5 мин);

d - наружный диаметр корпуса вибронаконечника,

$K_{\text{В}} = 0,75 \dots 0,8$

Число вибраторов определяем по общей методике расчёта ведомых машин (п. 2.6.4.).

3.1.9. Расчет времени работ в блоке и на сооружении

Время бетонирования расчетного блока определим по формуле:

$$T_{бет} = \frac{V_{бл}}{I_{\Pi}^{бл}} K_{нер}. \quad (3.54)$$

Время работ в блоке

$$T_{бл} = T_{подг} + T_{бет} = \dots \text{час} = \dots \text{смен}. \quad (3.55)$$

Время бетонирования сооружения (без подготовительных работ)

$$T_{бет}^{\Pi} = \frac{V_{соор}}{I_{\Pi}^{бл}} K_{нер} \cdot K_{зан} = \dots \text{час} = \dots \text{смен} = \dots \text{сут} = \dots \text{мес}. \quad (3.56)$$

где $K_{нер}$ – коэф. неравномерности работ (1,1..1,2);

$K_{зан}$ – коэф. запаса по срокам.

3.2. Бетонирование фундаментной плиты с помощью автобетононасосов (АБН)

3.2.1. Выбор и расчеты числа автобетононасосов (АБН), как ведущих машин.

Основные критерии выбора автобетононасоса запишем в виде

$$\text{I-1 вылет распределительной стрелы } R_B \geq R_T \quad (3.57)$$

где $R(L)$ - вылет стрелы манипулятора по горизонтали.

$$\text{II-1 угол поворота стрелы } \beta_B \geq \beta_T; \quad (3.58)$$

III-1 высота подъема распределительной стрелы

$$H_B \geq H_T; \quad (3.59)$$

где H - вылет стрелы по вертикали.

III-2 высота загрузки $h_B < h_T$,

где h – вылеты стрелы по горизонтали и по вертикали и высота загрузки (возможные и требуемые).

Выбор АБН с учетом глубины котлована приведен в [14, сс.12, 13 и 16].

$$\text{IV-1 крупность заполнителя } D_B \geq D_T \quad (3.60)$$

при

$$D_T \geq 3d_{max}, \quad (3.61)$$

где D – внутренний диаметр бетоновода,

d_{max} – наибольшая крупность заполнителя бетонной смеси.

$$\text{IV-2 осадка конуса } OK_B \leq OK_T, \quad (3.62)$$

где OK –осадка конуса смеси (возможные и требуемые).

$$\text{IV-3 производительность } \Pi_{ABH}^B \geq \Pi_{ABH}^T \quad (3.63)$$

На основании указанных критериев выбираем автобетононасос требуемой марки с характеристиками, приведенными в справочных-таблицах.

$$I_{БЛ}^{\Pi} = \Pi_{БН}^{\text{э}} = \Pi_{\text{max}}^T * K_{\text{с}} \quad (3.64)$$

Схема подачи бетона в блок с помощью АБН показана в приложении 9.

3.2.2. Выбор и расчеты автобетоносмесителей для АБН

Выполняется аналогично автобетоновозам для крана.

3.2.3. Расчеты размеров блоков бетонирования

Расчет проводится по аналогии с пунктом 3.1.5.

3.2.4. Выбор и расчеты числа бетоноуплотнителей

Расчет проводится по аналогии с пунктом 3.1.8.

3.2.5. Расчеты сроков работ для АБН

Расчет проводится по аналогии с пунктом 3.1.9.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологические процессы, связанные с разработкой котлована и бетонированием фундамента тесно связаны с разработкой проекта организации строительства (ПОС) и проекта производства работ (ППР), которые в свою очередь представляют собой достаточно трудоемкие процессы.

Облегчить разработку ПОС и ППР, повысить его качество и сократить сроки разработки возможно только на основе применения современных информационных технологий.

Автоматизация разработки ППР.

Полностью автоматизировать разработку ППР еще не удалось. Особенности промышленных объектов являются индивидуальные конструктивные и технологические решения практически для каждого объекта, вызванные как различием природных условий, так и конструктивными производственными параметрами.

При строительстве промышленно-гражданских сооружений успешно применяется программный комплекс «ГЕКТОР: ПРОЕКТИРОВЩИК – СТРОИТЕЛЬ». С его помощью обеспечивается выполнение ряда разделов ППР, таких как:

- календарный план производства строительно-монтажных работ;
- строительный генеральный план в составе ППР;
- решения по обеспечению строительства, графики поступления и движения ресурсов;
- технология производства работ;
- геодезические работы;
- решения по технике безопасности, по охране труда и окружающей среды;
- написание пояснительной записки.

Пользователь может редактировать все полученные графические и текстовые документы средствами AutoCad и MS Word.

Для целей обучения ценно, что комплекс содержит примеры выполненных проектов производства работ.

В комплекс включена нормативно-методическая и справочная база для разработки ППР. Например, в базе, наряду с нормативными документами, представлены более 70 типов грузоподъемных кранов вместе с графиками их грузоподъемности, схемы строповок грузов и грузозахватных приспособлений, каталожные листы временных инвентарных зданий, технологические схемы выполнения различных работ на строительной площадке, рекомендуемые схемы складирования строительных конструкций, изделий и материалов, сведения по осветительным приборам и т.д.

Технологические схемы строительно-монтажных работ разрабатываются согласно правилам и нормам технологии и организации выполнения конкретных работ. Описаны подготовительные мероприятия, методы выбора грузоподъемных средств и монтажной оснастки, требования к установке строительных лесов и примеры их размещения, регламент производственного контроля качества работ, включая входной, операционный и приемочный контроль. Изложены способы определения потребности в материалах, изделиях и конструкциях, машинах и оборудовании, технологической оснастке, инструменте, инвентаре и приспособлениях. Приводятся требования к транспортированию, складированию и хранению изделий и материалов, меры по технике безопасности и охране труда, экологической и пожарной безопасности и др.

Модули программного комплекса обеспечивают решение наиболее важных и трудоемких задач организационно-технологического проектирования: выбор грузоподъемного механизма; расчет потребности в инвентарных административно-бытовых зданиях; формирование технологических схем; автоматизированное проектирование котлованов; выбор эффективного варианта использования землеройной и транспортной техники; расчет водопонижения котлованов и траншей; автоматизированный выбор грузозахватных приспособлений; расчет и автоматизированный подбор осветительного оборудования; расчет нагрузок и расхода электроэнергии на строительно-монтажных работах, расчет потребности в складских площадках.

Базы данных программного комплекса открыты, их могут пополнять пользователи программного комплекса или по их запросу - разработчик.

Автоматизация разработки ПОС.

Задача автоматизации разработки ПОС должна ставиться и решаться как часть общей задачи управления инвестиционно-строительным проектом в целом и как часть задачи автоматизации разработки документации в проектной организации.

В идеале разработка ПОС, как одного из разделов проекта любого промышленного сооружения, должна быть полностью интегрирована в BIM-технология проектирования. Эта технология (называемая также технологией «информационного моделирования здания») подразумевает наличие единой информационной модели проектируемого объекта, включающей в себя информацию о всех его параметрах. Это информация об объемно-планировочных и конструктивных решениях, о работах и материалах, о потребных ресурсах и т.п.

Проектная документация в традиционном виде (чертежи на бумажных носителях, табличная и текстовая документация) формируется только на конечной стадии проектирования. BIM-технология предполагает наличие единого или группы взаимоувязанных программных продуктов, обеспечивающих выполнение всех разделов и этапов проектирования. Примером таких продуктов являются совместное использование программ Allplan, либо AutoCad и SCAD. При этом обеспечивается выполнение всех конструкторских и расчетных задач и формирование данных об объемах материалов и работ. По этим данным разрабатывается сметная документация и календарный план строительства.

Для разработки календарных планов используются программные продукты, позволяющие рассчитать временные, ресурсные и стоимостные оценки для комплекса работ. Очень важно, чтобы выбранное программное обеспечение удовлетворяло требованиям команды проекта и обеспечивало полную и качественную поддержку и повышение эффективности процессов управления проектами в компании.

В данный момент на рынке информационных систем управления проектами наиболее распространенными являются такие программные продукты, как Microsoft Office Project, Spider Project, Primavera, Open Plan. Все эти программные средства позволяют построить сетевую модель выполнения проекта, контролировать ход производства работ и подготавливать различные отчеты по реализуемому или планируемому проекту.

Microsoft Office Project (MS Project) можно отнести к программному продукту недорогой части современного рынка информационных систем управления проектами. Отличительной особенностью программы является ее простота и привычный пользовательский интерфейс, характерный для всех программных продуктов серии Microsoft Office. MS Project обеспечивает обмен проектной информацией между участниками проекта. Представляются возможности по планированию графика работ, отслеживанию их выполнения и анализу информации по портфелю проектов и отдельным проектам. В целом, Microsoft Project используется в качестве инструмента планирования и контроля небольших проектов пользователями-непрофессионалами в управлении проектами.

Более мощной и профессиональной системой управления проектами является Primavera. Основным звеном в Primavera является модуль Primavera Project Management. В каждой современной организации есть огромное количество текущей работы, которая никак не документируется и не отслеживается, как работа по тому или иному проекту. В отличие от других Primavera разработана для поддержания и хранения больших объемов стандартной и дополнительной информации по проектам и ресурсам. Основной особенностью данной системы управления проектами является ее интеграция с другими программными продуктами, непосредственно используемыми в процедуре создания и реализации проектного продукта.

Однако существующие программные средства не обеспечивают в рамках единой BIM-технологии разработки всей организационно-технологической схемы строительства, и учета ряда специальных условий и решений. Для решения этих задач существует, можно вос-

пользоваться программным комплексом «ГЕКТОР: ПРОЕКТИРОВЩИК – СТРОИТЕЛЬ».

По каждому разделу ПОС приводятся нормативно-методические документы со средствами поиска и анализа; излагаются требования к составу и содержанию исходной информации для проектирования ПОС, предоставляются средства выпуска расчетной, графической и текстовой документации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Галузин В.М., Телешев В.И. Выбор строительных машин для производства земляных работ: Учеб. пособие. – ЛПИ, 1987. – 84 с.
2. Булатов Г.Я. Технология возведения грунтовых плотин: Учеб. пособие /Под ред. В.И.Телешева.-СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1994. – 92с.
3. Булатов Г. Я. Введение в общую теорию технологий (на примере строительства): Учеб. пособие.- СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 175с.
4. СНиП-3.02.01.-87. Правила производства и приемки работ. Земляные сооружения. –М.: Стройиздат, 1988.-124с.
5. Технология строительных процессов. Разработка котлованов. Метод.указ. /Сост. Галузин В.М.- СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007.-79с.
6. Бауман В.А. и др. Строительные машины. Справочник.– М.: Стройиздат,Т.1, 1976. – 502 с.
7. Телешев В.И., Казанцев Б.Э., Птухина И.С. Принципы выбора системы строительных машин и определение их производительности // Гидротехническое строительство, 2000, №2. -С. 24–28.
8. Булатов Г. Я. К теории производительности строительных машин // Строительство. К 100-летию Инженерно-строительного факультета: Тр. СПбГТУ, №502.-СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2007.-С. 129–138.
9. Булатов Г.Я. Обобщенные критерии оптимального выбора технологий и машин // Инженерно-строительный журнал, 2009, №1. С. 32–39.
10. Телешев В.И. и др. Производство гидротехнических работ. Учебник./ Под ред. В.И.Телешева. - Москва : Изд-во АСВ, 2012.
11. Галузин В.М., Комаринский М.В., Телешев В.И. Выбор машин и оборудования для производства бетонных работ. – СПбГТУ, 1995. – 80 с.
12. Штоль Т. М., Теличенко В. И., Феклин В. И. Технология возведения подземной части зданий. Современные прогрессивные методы: Учеб. пособие. –М.: СИ, 1990. -288с.

13. Телешев В. И., Астахова К. И., Леонов В. А. Бетонные работы в гидротехническом строительстве. Вспомогательные работы: Учеб. пособие. -СПбГТУ, 1992.

14. Галузин В. М. Технология бетонирования монолитных фундаментов: : Учеб. пособие. –СПб.: ПЭ ИПК, 2004. -32с.

15. Правила производства бетонных работ при возведении гидротехнических сооружений. ВСН-31-88. Минэнерго СССР. Л.: ВНИИГ, 1984.

16. Вильман Ю. А. Технология строительных процессов и возведения зданий. Современные прогрессивные методы: Учеб. пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2005. -336с.

17. Галузин В. М. Технические характеристики машин для бетонных работ. Кафедральное издание.

18. Доценко А. И. Строительные машины. Учеб. для ВУЗов. –М.: Стройиздат, 2003. – 416 с.

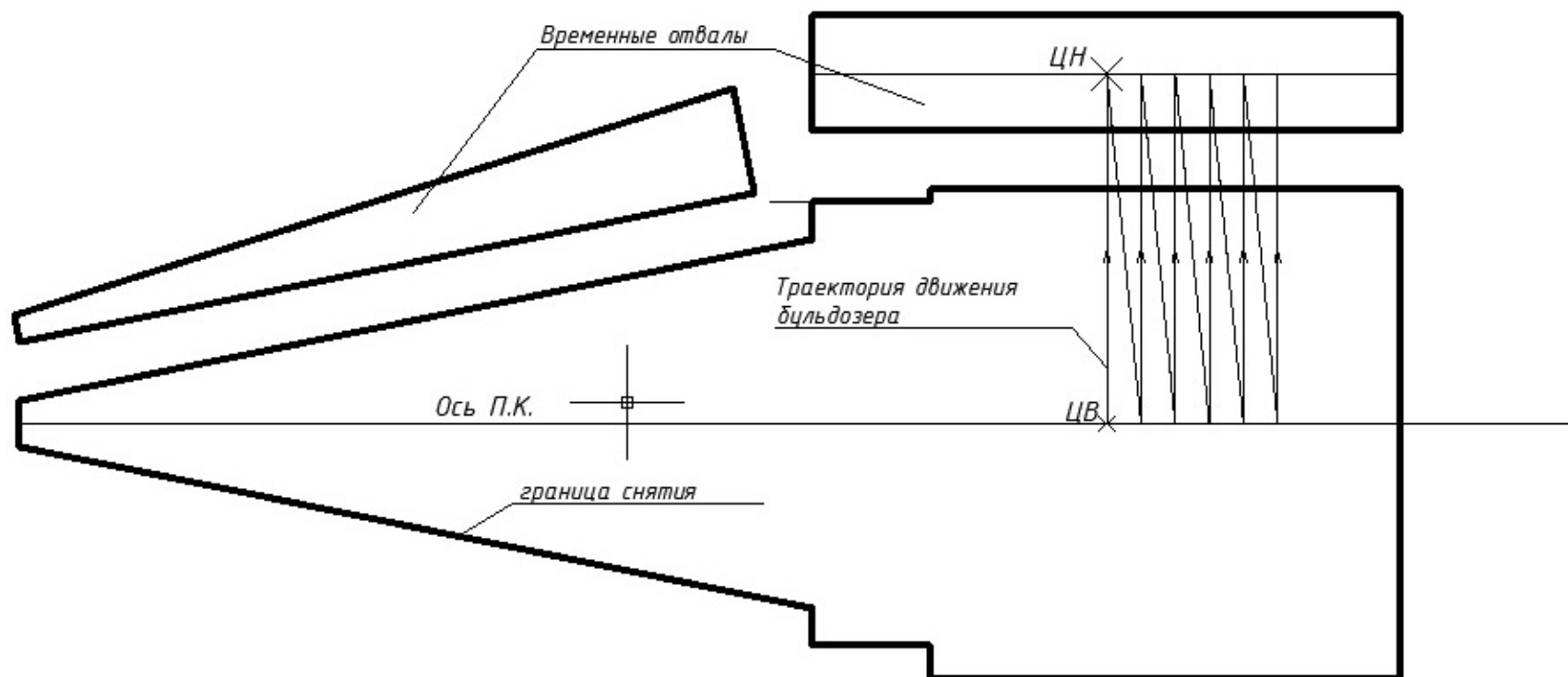
19. Теличенко В. И. и др. Технология строительных процессов. Учеб. для ВУЗов. ч.1. –М.: Высш. шк., 2005. -392с.

20. Теличенко В. И. и др. Технология возведения зданий и сооружений. 2-е изд. –М.: Высш. шк., 2004. -446с.

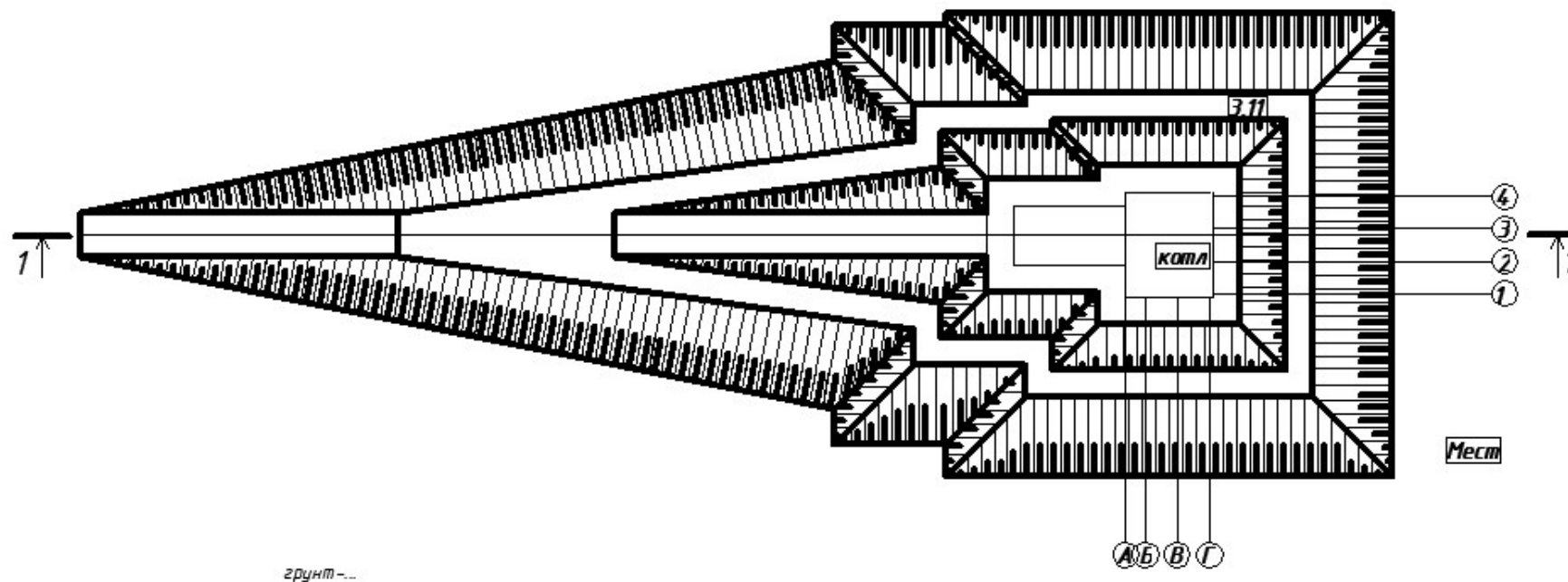
21. Технология строительных процессов/ Под ред. Н.Н. Данилова. –М.: Высш. шк., 2000. -446с.

Примечание: В учебном пособии [2, с.85] приведен “Указатель справочных материалов (для проектирования) из основных литературных источников”.

Схема снятия растительного слоя



Разработка глубокого котлована



Разбивка на ярусы разработки и забои

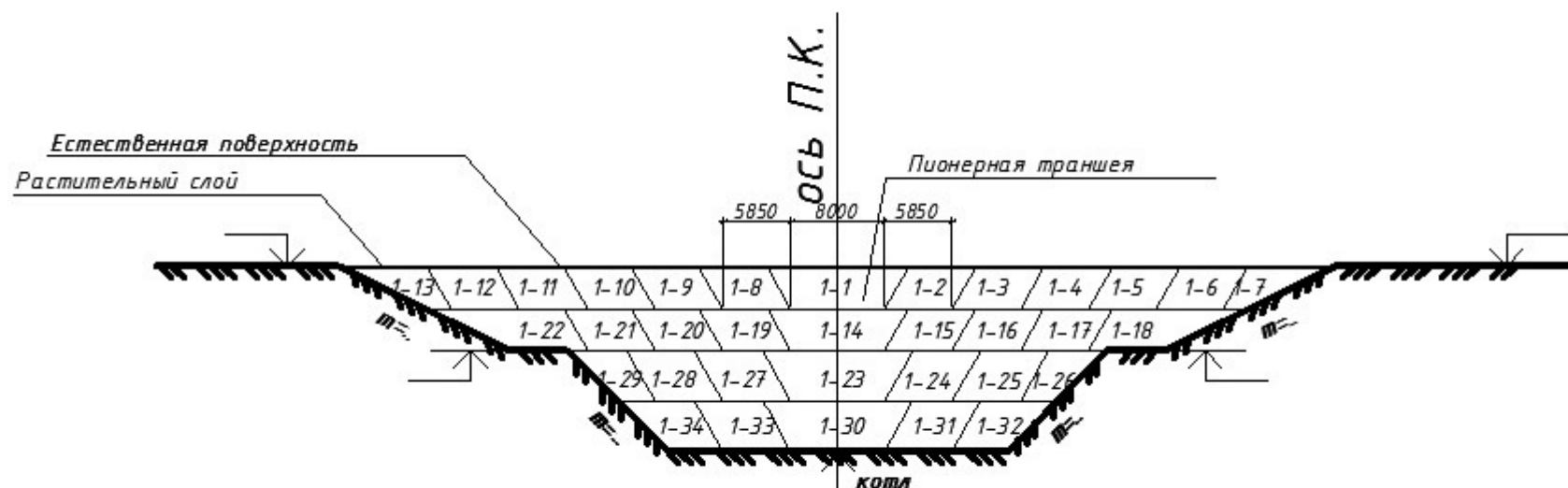
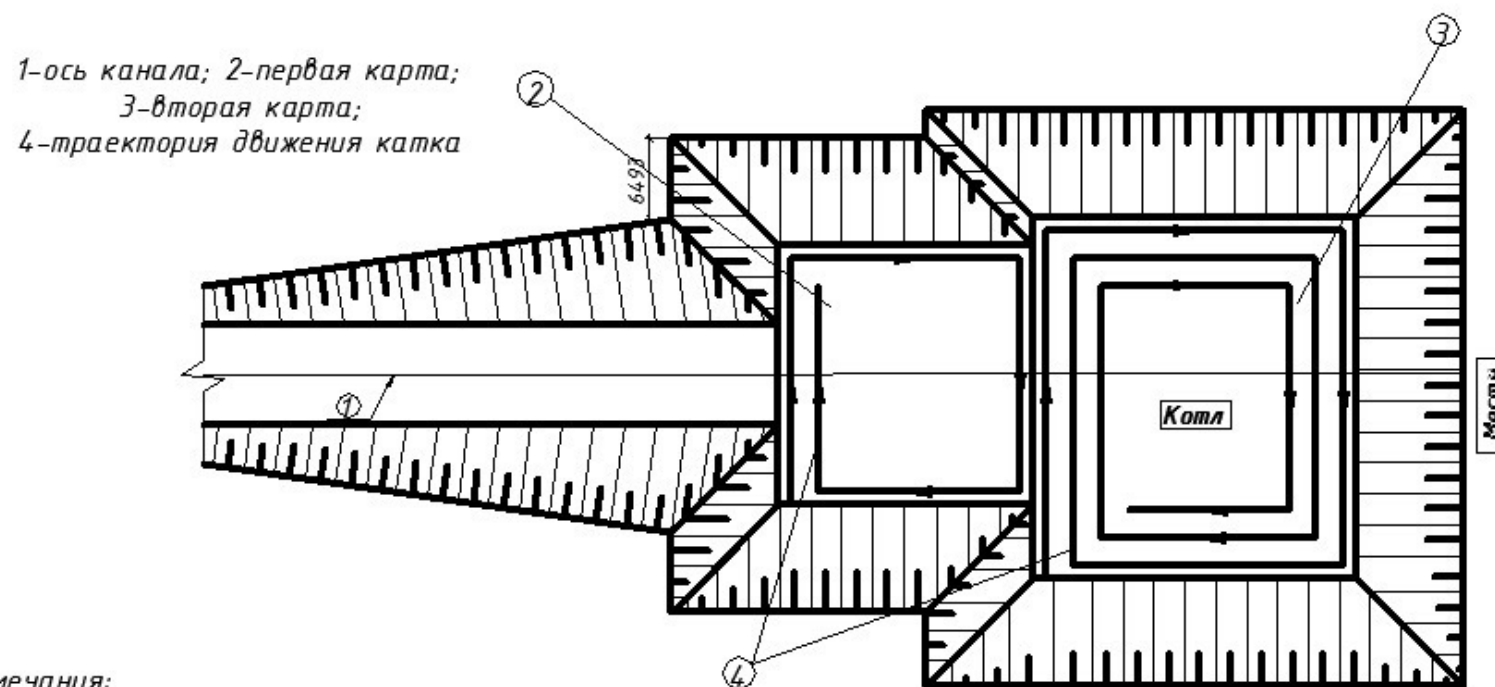


Схема уплотнения дна котлована



Примечания:

1) Каток ...

2) Грунт: ...

3) Откосы выше отметки местности на чертеже не показаны.

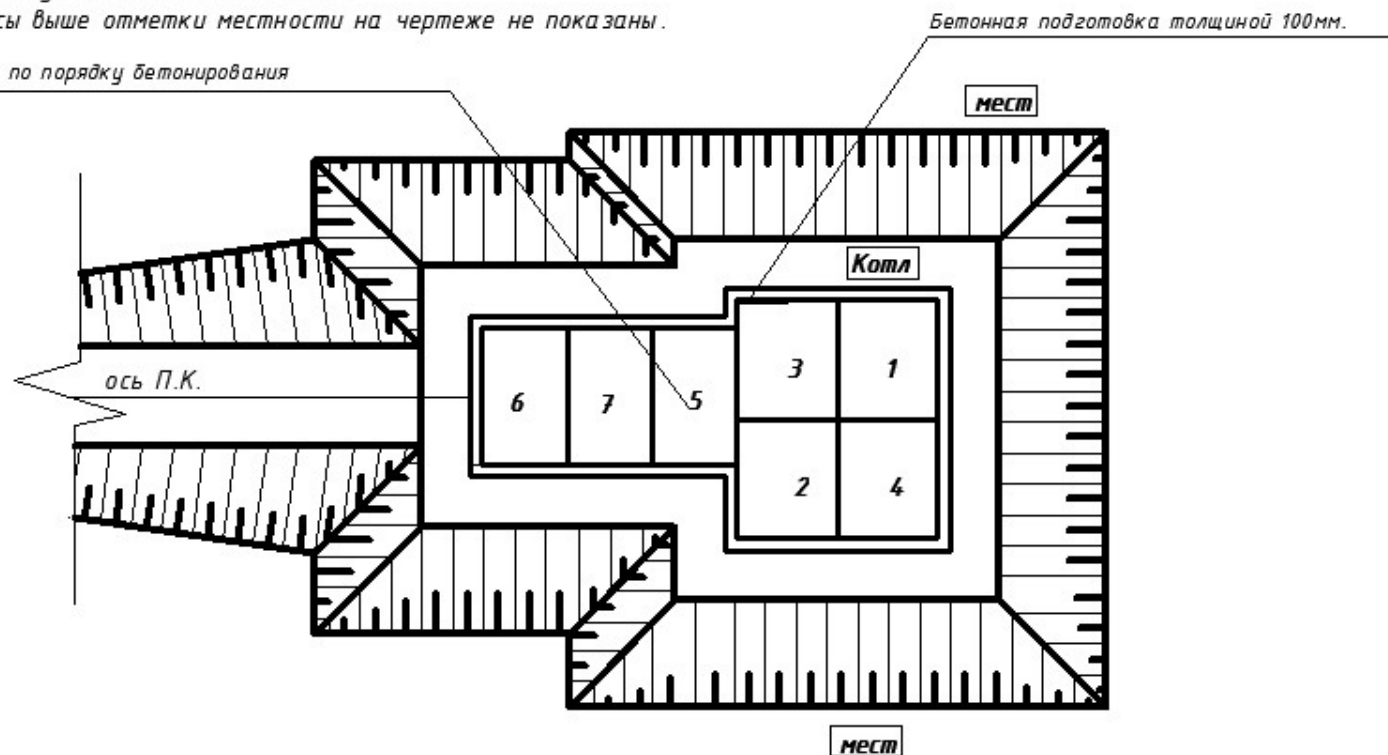
Схема разбивки на блоки бетонирования

Примечания:

1) Толщина укладываемого слоя ... м.

2) Откосы выше отметки местности на чертеже не показаны.

Номер блока по порядку бетонирования



Деревянный опалубочный щит для расчётного блока

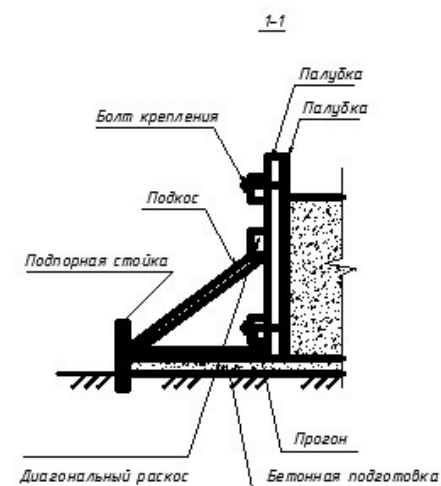
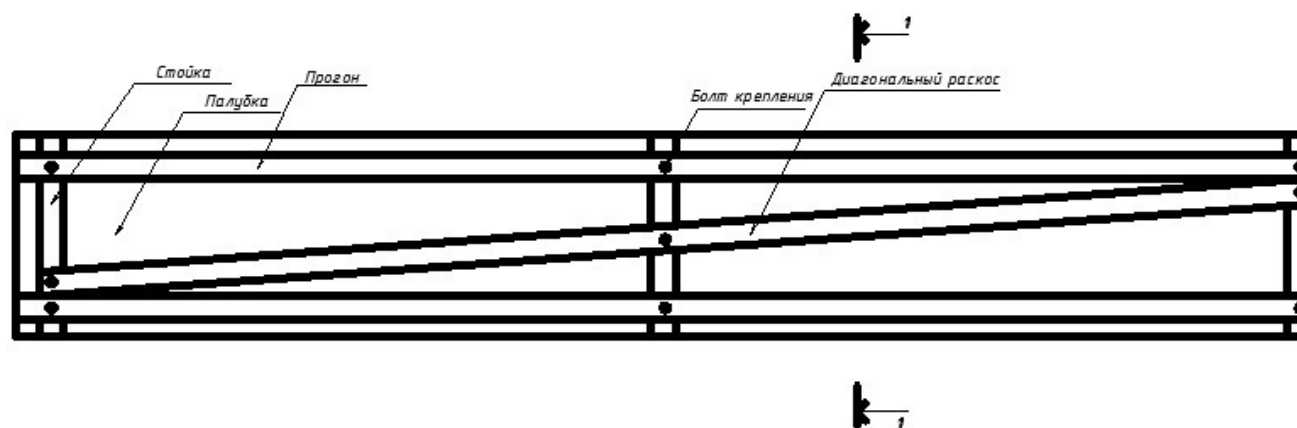



Схема подачи гусенечным краном бадьи с бетоном в блок (план)

Примечания:

1) Кран

2) Бадья.

3) Автобетоновоз

 -бетонируемый блок

Номер блока по порядку бетонирования

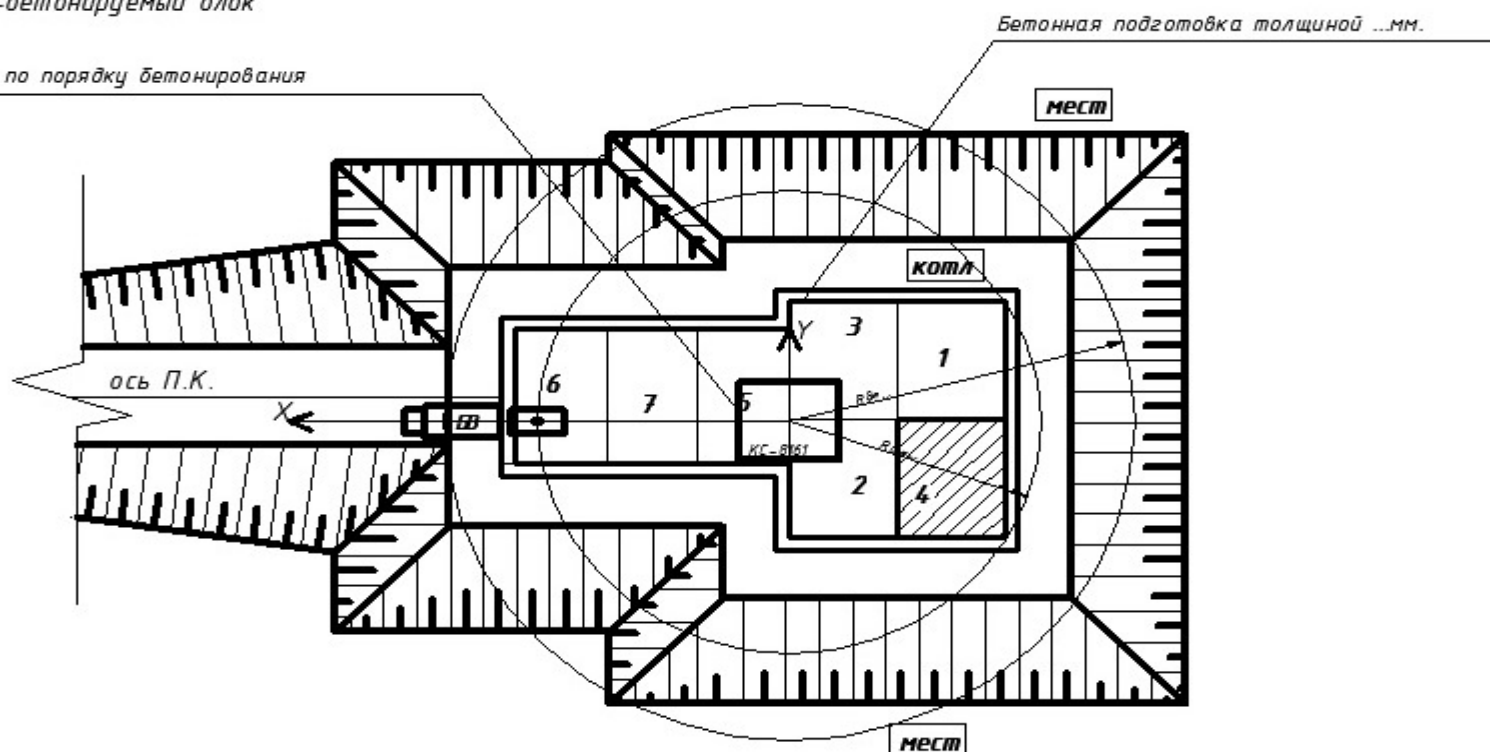


Схема подачи гусеничным краном бадьи с бетоном в блок (разрез)

Примечания:

1) Кран КС-8161: грузоподъемность 8 т,
вылет стрелы 26 м, высота подъема 18 м.

2) Бадья: полезный объем 1,6 м, масса с бетоном 5,4 т.

3) Автобетоновоз СБ-113: вместимость кузова 1,6 м, грузоподъемность 3,8 т.

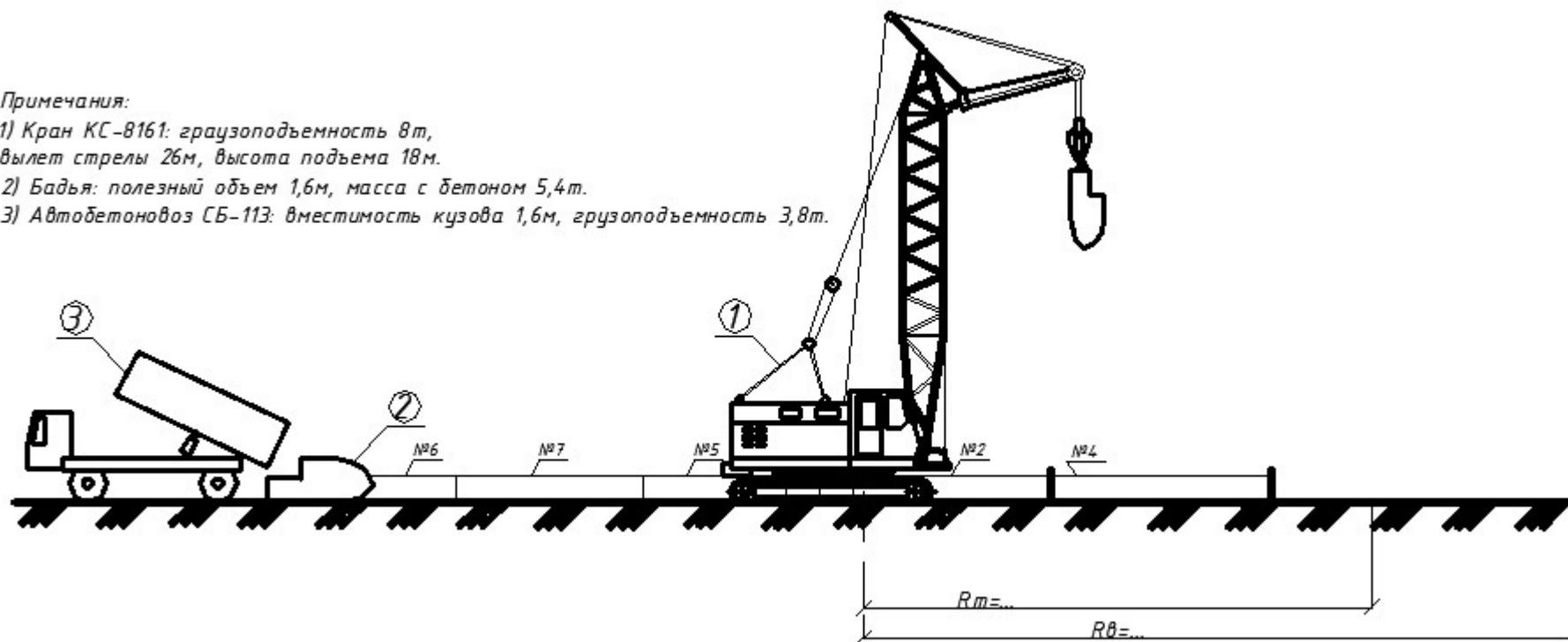


Схема подачи бетонной смеси автобетононасосом в блок (разрез)

Примечания:

- 1-насосная часть на автомобильном ходу;
- 2- звенья бетоновода;
- 3- гидроцилиндры управления звеньями;
- 4- шарниры;
- 5- направляющий рукав.

