В. В. КАРПОВ, Е. В. ХОРОШЕНЬКАЯ,
Д. Д. ТИШКИН, А. Д. САЛЧАК

ВЫБОР КОМПЛЕКТА МАШИН ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОТЯЖЕННЫХ ВЫЕМОК



Министерство образования и науки
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

**В. В. КАРПОВ, Е. В. ХОРОШЕНЬКАЯ,
Д. Д. ТИШКИН, А. Д. САЛЧАК**

ВЫБОР КОМПЛЕКТА МАШИН ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОТЯЖЕННЫХ ВЫЕМОК

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2013

УДК 624.132/076.5

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор А. Ф. Юдина (СПбГАСУ);
зам. ген. директора по строительству Я. В. Иванов
(ЗАО «Строительный трест № 28», Санкт-Петербург)

Карпов В. В.

Выбор комплекта машин при разработке протяженных выемок: учеб. пособие / В. В. Карпов, Е. В. Хорошенькая, Д. Д. Тишкин, А. Д. Салчак; СПбГАСУ. – СПб., 2013. – 93 с.

ISBN 978-5-9227-0480-9

Изложены основные положения о содержании земляных работ, необходимые для решения упрощенной технологической задачи на практических занятиях студентов по дисциплине «Технология строительных процессов».

Приводятся методики подсчета объемов работ, выбора основных машин, оснастки и приспособлений, а также мероприятия по вопросам охраны труда.

Рекомендовано для студентов, обучающихся по направлению «Строительство» (квалификация «бакалавр») всех форм обучения.

Ил. 27. Библиогр.: 10 назв.

Рекомендовано Редакционно-издательским советом СПбГАСУ в качестве учебного пособия.

ISBN 978-5-9227-0480-9

© В. В. Карпов, Е. В. Хорошенькая,
Д. Д. Тишкин, А. Д. Салчак, 2013
© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2013

Введение

В соответствии с СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты» (актуализированная редакция СНиП 3.02.01–87) к обязательной документации, регламентирующей организацию строительства, относятся:

- проект организации строительства (ПОС);
- проект производства работ (ППР).

Проект организации строительства (ПОС) – это проектная документация, в которой укрупненно решаются задачи рациональной организации строительства всего комплекса объектов данной строительной площадки, должен разрабатываться на полный объем строительства, предусмотренный проектом.

При строительстве объекта по очередям проект организации строительства на первую очередь должен разрабатываться с учетом осуществления строительства на полное развитие. Когда организационными и техническими решениями охватывается территория за пределами площадки строительства, кроме строительного генерального плана разрабатывается также ***ситуационный план строительства***.

В состав проекта организации строительства включаются:

- календарный план строительства;
- строительные генеральные планы для подготовительного и основного периодов строительства.

В этом случае в ПОС входят: расположение предприятий материально-технической базы и карьеров, жилых поселков, внешних путей и дорог (с указанием их длины и пропускной способности), станций примыкания к путям МПС, речных и морских причалов, линий связи и электропередачи; транспортные схемы поставки строительных материалов, конструкций, деталей и оборудования; границы территории возводимого объекта и примыкающих к ней участков существующих зданий и сооружений; работы по подготовке стройплощадки; указания о методах осуществления инструментального контроля за качеством сооружений; мероприятия по охране труда; условия сохранения окружающей природной среды; обоснование потребности в основных строительных машинах, механизмах, тран-

спортных средствах, электрической энергии, паре, воде, кислороде, ацетилене, сжатом воздухе, а также временных зданиях и сооружениях с решением по набору мобильных (инвентарных) зданий и сооружений и указанием принятых типовых проектов.

В ПОС также включаются: перечень основных строительных организаций с характеристикой их производственной мощности; наличие средств механизации и квалифицированных кадров; обоснование размеров и оснащения площадок для складирования материалов, конструкций и оборудования, а также решения по перемещению тяжеловесного негабаритного оборудования и укрупненных строительных конструкций; перечень специальных вспомогательных сооружений, приспособлений, устройств и установок, а также сложных временных сооружений и сетей, рабочие чертежи которых должны разрабатываться проектными организациями в составе рабочих чертежей для строительства объекта; требования, которые должны быть учтены в рабочих чертежах в связи с принятыми в ПОС методами возведения строительных конструкций оборудования и монтажа; обоснование потребности в строительных кадрах, жилье и социально-бытовом обслуживании строителей; обоснование принятой продолжительности строительства объекта в соответствии со СНиП 1.04.03–85.

Обоснования всех потребностей и затрат должны содержать решения по источникам их покрытия.

В проекте организации строительства также приводятся следующие технико-экономические показатели: общая продолжительность строительства, в том числе подготовительного периода и периода монтажа оборудования, мес.; максимальная численность работающих; затраты труда на выполнение строительно-монтажных работ, чел.-дни и машино-смены;

Состав и содержание ПОС могут изменяться с учетом сложности и специфики проектируемых объектов в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений, степени унификации и типизации этих решений, необходимости применения специальных вспомогательных сооружений, приспособлений, устройств и установок, особенностей отдельных видов работ, а также от условий поставки на стройплощадку материалов, конструкций и оборудования. Сложность объекта должна устанавливаться до разработки ПОС инстанцией, утверждающей задание на проектирование.

Проект производства работ (ППР) – документация, в которой детально прорабатываются вопросы рациональной технологии и организации строительства конкретного объекта на данной строительной площадке. Средства производства, квалифицированная рабочая сила и производственная инфраструктура образуют технологическую систему соответствующего уровня. Согласно ГОСТ 27.004–85, технологическая система – это совокупность функционально связанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей в регламентированных условиях производства, заданных технологических процессов или операций.

Технологическое проектирование выполняется на стадии проекта производства работ (ППР) с учетом решений проекта организации строительства (ПОС), конкретных условий строительной площадки, имеющихся машин, наличия и квалификации рабочих. На первое место здесь выходят именно технологический процесс, оборудование и технологии. В первую очередь определяется метод производства работ, предусматривающий, с учетом реальных возможностей, механизацию технологических процессов, принципы организации комплекса процессов и операций. Основой организации труда являются технологические карты на выполнение простых или сложных рабочих процессов и операций.

В состав технологической карты входят расчетно-пояснительная записка и графический материал.

Расчетно-пояснительная записка содержит необходимые сведения об объекте, расчеты и обоснования принятых решений, ссылки на нормативные и литературные источники, список использованной литературы.

В графическую часть входят:

- схема организации работ в целом на объекте с указанием последовательности, методов производства работ и их организации;
- перемещение основных машин и оборудования, их состав и технические характеристики;
- границы захваток и делянок, движение бригад и звеньев рабочих и их состав;
- приемы выполнения сложных рабочих операций;
- места складирования материалов;

- схемы выполнения отдельных процессов и операций с учетом работы в различных условиях, необходимая оснастка, инструмент, приемы выполнения работ;
- графический материал, содержащий необходимые данные о реализуемой конструкции и ее элементах;
- технические характеристики применяемых машин;
- перечень оснастки, инструментов и приспособлений, их количество;
- сведения о дополнительных, второстепенных, вспомогательных, подготовительных и заключительных строительных процессах и операциях;
- требования к качеству и приемке работ;
- график производства работ;
- решения по технике безопасности, относящиеся к процессам данной технологической карты.

Глава 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТАХ

1.1. Технологические системы для производства земляных работ

В зависимости от конструкции и параметров земляного сооружения выбирается метод производства работ и формируется технологическая система для его реализации. В технологическую систему входят необходимые средства механизации работ, подробный перечень которых определяется выбранным технологическим методом с учетом необходимости максимально возможного выполнения работ машинами. При прокладке инженерных коммуникаций ведущей землеройной машиной является экскаватор, обслуживаемый автосамосвалами, монтажным краном, машинами для обратной засыпки и уплотнения грунта. Задаются сроки выполнения работ, поставки материалов, конструкций и комплектующих, после чего определяется необходимое количество машин, инструментов и рабочих соответствующей квалификации.

1.2. Виды земляных сооружений

Строительство любых зданий и сооружений вызывает необходимость переработки грунтов (их разработку, перемещение, укладку и уплотнение). Весь комплекс этих процессов называют земляными работами.

Удельный вес земляных работ в общем объеме строительно-монтажных работ очень велик и составляет на разных объектах от 15 до 40 %; в некоторых ситуациях, например при прокладке инженерных коммуникаций – и более 40 % по трудоемкости. На земляные работы приходится около 10 % всех рабочих, занятых в строительстве. Переработка такого количества грунта возможна лишь при условии комплексной механизации и эффективной технологии производства работ.

Снижения стоимости и трудоемкости земляных работ следует достигать, используя рациональные проектные решения, обеспечи-

вающие максимальную сбалансированность необходимых выемок и насыпей при минимальных расстояниях перемещения грунта, комплекты машин, что сводит к минимуму объемы работ, выполняемых вручную.

В настоящее время земляные работы в основном выполняют механизированные комплексы, а ручная разработка грунта предусмотрена только в местах, недоступных для машин, так как производительность ручного труда в 20–30 раз ниже механизированного, что существенно влияет на общие затраты труда.

Промышленность выпускает различные высокопроизводительные землеройные, землеройно-транспортные, уплотняющие машины и механизмы.

Выбор комплекта машин и способа производства работ осуществляют на основании технико-экономического анализа различных вариантов.

Важными условиями дальнейшего совершенствования технологии земляных работ являются:

- рациональная организация производства земляных работ по времени года, сокращение объемов работ, выполняемых в зимнее время;
- повышение доли применения высокопроизводительных землеройных машин;
- создание и внедрение в производство комплектов машин для засыпки траншей и котлованов, уплотнения и разработки мерзлых грунтов.

В промышленном и гражданском строительстве земляные работы приходится выполнять при устройстве котлованов и траншей под фундаменты и подземные коммуникации, при возведении земляного полотна дорог, а также планировке площадок.

Выемки и насыпи, получаемые в результате разработки и перемещения грунта, называют земляными сооружениями. Они имеют следующие названия:

- ***траншея*** – выемка, длина которой в 10 раз и более превышает ширину;
- ***котлован*** – выемка, длина которой больше ширины менее чем в 10 раз;
- ***шурф*** – глубокая выемка с малыми размерами в плане;

- ***насыпь*** – сооружение из насыпного и уплотненного грунта;
- ***резерв*** – выемка, из которой берут грунт для возведения насыпи;
- ***кавальер*** – насыпь для отсыпки грунта, необходимого для обратной засыпки выемок;
- ***отвал*** – насыпь, образуемая при отсыпке ненужного грунта, а также создаваемая для его временного хранения.

Земляные сооружения бывают:

- ***постоянные*** – насыпи дорог, плотины, дамбы, ирригационные и мелиоративные каналы, водоемы, спланированные площадки жилых кварталов, промышленных комплексов, стадионов, аэродромов и т. д.;
- ***временные*** – выемки для прокладки подземных коммуникаций, сооружений и устройства фундаментов, насыпи для временных дорог.

В зависимости от назначения земляных сооружений к ним предъявляют различные требования в отношении крутизны и тщательности отделки откосов, степени уплотнения и фильтрующей способности грунта, его устойчивости к размыванию и других механических свойств.

При глубине выемки до 1 м в песке и до 2 м в очень прочных нескальных грунтах, она может иметь вертикальные стенки (рис. 1). При большей глубине стенки должны иметь крепление или разрабатываться с откосами, крутизну которых характеризует коэффициент заложения откоса. Характеристика крутизны откоса – отношение высоты откоса к его горизонтальной проекции (заложению).

Крутизна (или коэффициент) откоса $m = \frac{l}{h}$, где h – глубина выемки или высота насыпи; l – заложение откоса.

Обеспечение устойчивости земляных сооружений является важнейшим требованием, предъявляемым к ним. Для этого земляные сооружения возводят с откосами необходимой крутизны. *Крутизна откоса* выемки или насыпи зависит главным образом от угла естественного откоса грунта. Ее принимают в зависимости от глубины выемки или высоты насыпи, свойств грунтов, их влажности, характера сооружений (постоянные или временные) и других факторов.

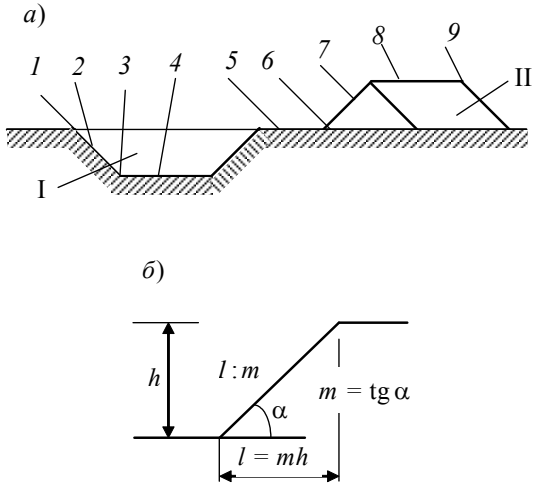


Рис. 1. Схема элементов земляного сооружения:
а – элементы выемки и насыпи: I – выемка; II – насыпь; *1* – бровка откоса; *2* – откос выемки; *3* – подошва откоса; *4* – дно выемки; *5* – берма; *6* – подошва откоса насыпи; *7* – откос насыпи; *8* – гребень насыпи; *9* – бровка откоса насыпи; *б* – определение крутизны откоса

Крутизна откосов определена строительными нормами и правилами (СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты», актуализированная редакция СНиП 3.02.01–87) для постоянных и временных земляных сооружений в зависимости от их глубины или высоты и вида грунта. При напластовании различных видов грунтов (кроме растительного) крутизну откоса для всех пластов назначают по более слабому грунту (с меньшей крутизной). Откосы насыпей постоянных сооружений делают более пологими, чем откосы выемок. Более крутые откосы допускают при устройстве временных котлованов и траншей.

1.3. Техника безопасности

Земляные работы разрешается выполнять при наличии утвержденного и согласованного в установленном порядке ППР. До начала работ должно быть определено точное расположение действующих

подземных коммуникаций с установкой специальных знаков. Разработку грунта вблизи подземных коммуникаций можно выполнять только после получения письменного разрешения и в присутствии представителя организации, ответственной за их эксплуатацию. Около электрокабелей разрабатывать грунт с применением ударных инструментов запрещено. В случае обнаружения подземных сооружений, не указанных в проекте, а также при выделении вредных газов земляные работы должны быть прекращены до получения дополнительных указаний. На бровки выемок не должны действовать никакие нагрузки. Вертикальные стенки траншей и котлованов закрепляют по достижении допустимой для данного грунта глубины.

Выемки необходимо разрабатывать с откосами в соответствии со СНиП 12-03–2001, а грунт при этом можно отсыпать не ближе 0,5 м к бровке котлована или траншеи. Образующиеся при разработке выемок козырьки следует обрушить, приняв все меры предосторожности и удалив предварительно людей из забоя.

В ночное время помимо обязательного освещения рабочей площадки должны иметь индивидуальное освещение землеройные, землеройно-транспортные и транспортные машины.

Стоянку и пути передвижения машин и механизмов, занятых на земляных работах, выносят за пределы призмы обрушения грунта. Поверхность путей перемещения экскаваторов должна быть спланирована.

Одноковшовые экскаваторы перемещают с опущенным до уровня земли ковшом и развернутой стрелой. Запрещено перемещать бульдозером грунт на подъем более 10° и под уклон более 30°, а также выдвигать отвал при сталкивании грунта за бровку откоса выемки.

1.4. Основные способы разработки грунтов

Грунт при строительстве разрабатывают тремя основными способами: способом резания, гидромеханическим и взрывным.

Выбор того или иного способа преимущественно зависит от вида земляного сооружения и его размеров, вида грунта и гидрогеологических условий.

При разработке грунта и устройстве земляных сооружений любым из перечисленных выше способов используют соответствующий

комплект машин, работающих в определенной технологической взаимосвязи. Комплект машин должен обеспечивать выполнение всех процессов непрерывным и равномерным потоком в течение всего времени производства работ при максимальной загрузке всех участвующих машин.

Машина, выполняющая основной объем работ, является ведущей. В зависимости от ее производительности определяют число и мощность других входящих в комплект машин.

Выбор машин основан на технико-экономическом расчете, позволяющем определить наиболее эффективное сочетание машин по стоимости и трудозатратам.

Разработка грунта резанием. Разработку грунта резанием осуществляют с использованием землеройных и землеройно-транспортных машин.

Землеройные машины режут грунт и перемещают его на небольшие расстояния с выгрузкой в отвал или на транспортные средства. К этим машинам относят экскаваторы различных типов – периодического действия (одноковшовые: прямая и обратная лопата, драглайн, грейфер) и непрерывного действия (многоковшовые: цепные и роторные, и фрезерные).

Наибольшее применение в строительстве благодаря своей универсальности и хорошей маневренности получили одноковшовые экскаваторы с вместимостью ковша 0,15–2 м^3.

В зависимости от ходового устройства экскаваторы разделяют на гусеничные, пневмоколесные, автомобильные и шагающие с механической, гидравлической, пневматической или электрической системами управления.

1.5. Рабочее оборудование одноковшовых экскаваторов

Базовая машина одноковшового экскаватора обеспечивает функционирование различного рабочего оборудования, которое может быть сменным. Рабочее оборудование для копания грунта называют основным, а для выполнения других операций – дополнительным.

Основным рабочим оборудованием для разработки (копания) грунта выше уровня стоянки экскаватора является ***прямая лопата***. Ковш прямой лопаты закреплен на рукояти, которая в свою очередь

шарнирно закреплена на стреле. Стрела шарнирно закреплена на поворотной платформе машины. У гидравлических экскаваторов ковш на рукояти закреплен подвижно – разгрузка ковша обеспечивается его опрокидыванием с помощью гидроцилиндра. У механических экскаваторов положение ковша относительно рукояти в процессе работы не меняется – разгрузка ковша выполняется при открывании его днища. Копают грунт в направлении от экскаватора (рис. 2).



Рис. 2. Карьерный экскаватор с прямой лопатой и канатным приводом

Прямая лопата обеспечивает наибольшее усилие копания и наибольшую производительность (за счет минимального количества операций в одном цикле копания). Применяется для добычи полезных ископаемых и погрузочных работ, разработки глубоких котлованов.

Рабочий цикл экскаватора с прямой лопатой состоит из следующих операций:

- загрузка ковша поворотом рукояти относительно стрелы. Положение ковша относительно рукояти и стрелы относительно машины остается неизменным;
- поворот платформы с рабочим оборудованием экскаватора после окончания загрузки ковша. Ковш перемещается к месту разгрузки. Его положение относительно поворотной платформы машины не изменяется;
- подъем стрелы экскаватора для увеличения погрузочной высоты перед разгрузкой ковша;

- разгрузка ковша – на гидравлических экскаваторах путем поворота ковша относительно рукояти (опрокидывания), на механических экскаваторах – открыванием днища ковша.

Обратная лопата – основное рабочее оборудование для разработки (копания) грунта ниже уровня стоянки экскаватора. Применяется при копании котлованов, траншей, при планировании откосов и отсыпке насыпей. Может применяться для погрузочных работ. При работе обратной лопатой грунт копают в направлении к экскаватору. Гидравлические экскаваторы с обратной лопатой могут разрабатывать грунт и выше уровня своей стоянки, правда, с меньшей эффективностью, чем прямая лопата (рис. 3).



Рис. 3. Экскаватор с обратной лопатой

Рабочий цикл обратной лопаты различается в зависимости от типа применяемых приводов.

Для *гидравлических* экскаваторов с независимым приводом стрелы, ковша и рукояти:

- заглубление стрелы в котлован с одновременным позиционированием рукояти;
- загрузка ковша его поворотом относительно рукояти;
- подъем стрелы с одновременным разворотом рукояти и поворотом ковша для предотвращения высыпания грунта;
- поворот платформы с рабочим оборудованием;
- разгрузка ковша его поворотом относительно рукояти.

Для *механических* экскаваторов с двухканатным приводом рукояти, зависимым положением стрелы и фиксированным положением ковша:

- заглубление стрелы и рукояти в котлован растормаживанием подъемного каната;
- загрузка ковша поворотом рукояти относительно стрелы в направлении экскаватора с помощью натяжения тягового каната при расторможенном подъемном канате;
- подъем стрелы и рукояти из котлована путем натяжения подъемного каната при натянутом и заторможенном тяговом канате;
- поворот платформы с рабочим оборудованием;
- разгрузка ковша поворотом рукояти относительно стрелы в направлении от экскаватора (натяжением подъемного каната при одновременном разматывании тягового каната).

Обратная лопата является наиболее универсальным рабочим оборудованием. Она обеспечивает высокую точность позиционирования ковша как относительно грунта, так и относительно транспортного средства, в которое производится погрузка грунта.

Драглайн – рабочее оборудование с ковшом, гибко подвешенным на канатах. Применяется для разработки грунта ниже уровня стоянки экскаватора. Грунт копают в направлении к экскаватору. Применяется при разработке котлованов, отсыпке насыпей, добыче полезных ископаемых, дноуглубительных работах на водоемах (рис. 4).



Рис. 4. Драглайн

Драглайн имеет наибольшие радиус и глубину копания, а также наибольшую погрузочную высоту по сравнению с другими типами рабочего оборудования.

Переоборудования базовой машины механического экскаватора при работе драглайном не требуется.

Грейфер используется для разработки узких глубоких котлованов (колодцев), выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Грей-



Рис. 5. Двухчелюстной грейфер

ферами могут оборудоваться как гидравлические, так и механические экскаваторы (рис. 5).

У гидравлических экскаваторов грейфер закрепляется на рукояти вместо ковша и имеет гидравлический привод челюстей. Грейфер может закрепляться и на напорной штанге, обеспечивающей его заглубление в котлован на 6 м (для экскаваторов, выпускаемых в СНГ) и более. Напорная штанга представляет собой телескопическую стрелу, монтируемую на экскаватор вместо рукояти.

У механических экскаваторов грейфер подвешивается на канатах.

Рыхлитель – сменное рабочее оборудование, предназначенное для рыхления твердого (мерзлого) грунта, разрушения строительных конструкций, асфальтобетонного покрытия.



Рис. 6. Экскаватор с гидромолотом

Монолитный стальной рыхлитель для механических экскаваторов выполнен клинообразным или пикообразным. Подвешивается на канате. При работе рыхлитель поднимается за счет натяжения каната на высоту порядка 3–6 м и свободно падает на грунт (при расторможенном канате). Масса клинового рыхлителя в зависимости от размерной группы экскаватора составляет 0,5–6 т.

На гидравлических экскаваторах устанавливается молот-рыхлитель с гидравлическим приводом (рис. 6). Принцип его действия аналогичен отбойному молотку. Монтируется на место ковша.

В качестве рыхлителя может применяться дизель-молот, монтируемый на стреле экскаватора.

Свайный копер – строительная машина, предназначенная для подъема, установки сваи на точку погружения, корректировки, погружения сваи в грунт (или извлечения) с помощью погружателя (или выдергивателя). ***Навесные копры*** являются наиболее распространенным типом машин для производства свайных работ. Они могут быть универсальными и полууниверсальными. В качестве базовых машин используют тракторы, одноковшовые экскаваторы и автомобили. Каждую модель навесного копра комплектуют свайными молотами соответствующих типоразмеров (рис. 7).



Рис. 7. Экскаватор со свайным копром

За счет поворота платформы базового экскаватора рассматриваемые копры имеют обширную рабочую зону, благодаря чему они могут погружать несколько свай с одной рабочей позиции. По сравнению с тракторными копрами, перемещающимися на новую позицию после погружения каждой сваи, экскаваторные копры затрачивают меньше времени на выполнение операций рабочего цикла и поэтому обеспечивают более высокую производительность при прочих равных условиях. Наиболее эффективно использование экскаваторных копров при кустовом расположении свай. Копры на экскаваторной базе при работе в однородных грунтах средней плотности и проходимости могут погружать за смену до 25–30 свай длиной 8 м, до 15–20 свай длиной 12 м и до 8–12 свай длиной до 16 м.

Корчеватель пней (рис. 8). Одноковшовые экскаваторы могут использоваться для корчевания пней. На гидравлических экскаваторах для этой цели вместо ковша устанавливается челюстной захват.

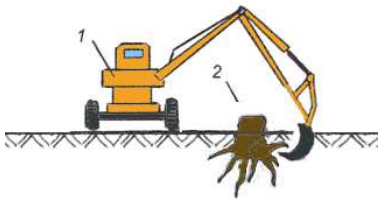


Рис. 8. Корчеватель пней:
1 – экскаватор; *2* – пень

Для корчевания захват подводят к пню, разводят челюсти, заглубляют их в грунт, под корневую систему пня. Далее сводят челюсти захвата и подъемом стрелы выдергивают пень. Всем этим процессом управляет один машинист.

При корчевании пней механическими экскаваторами к тяговому и подъемному канатам прицепляется специальный якорь. Машинист экскаватора подводит якорь к пню, а помощник вручную заглубляет лапу якоря под корень пня. После этого осуществляется натяжение тягового каната при ослабленном подъемном, и якорь зацепляется за пень. Одновременным натяжением двух канатов происходит вырывание пня.

Подъемный кран. В связи с тем, что базовые машины экскаватора и подъемного крана имеют сходную конструкцию, ряд моделей экскаваторов может комплектоваться крановым оборудованием. Так как скорость вертикального перемещения груза у крана должна быть в несколько раз меньше скорости подъема ковша экскаватора, подъемный канат запасовывают через полиспаст.

Манипулятор. Экскаватор CATERPILLAR с манипулятором (рис. 9) осуществляет демонтажные работы с помощью ножниц для резки железобетона.



Рис. 9. Экскаватор с манипулятором

Манипулятор представляет собой захват, монтируемый вместо ковша и используемый при монтажных и демонтажных работах. В настоящее время ряд фирм в России и за рубежом выпускает специальные машины – манипуляторы на базе одноковшовых экскаваторов. Такие машины имеют больший, чем у экскаваторов, вылет стрелы и более сложную гидравлическую систему, обеспечивающую позиционирование захвата в трех плоскостях.

Место работы экскаватора называют экскаваторным забоем, параметры которого зависят от марки экскаватора, вида транспорта и принятой схемы разработки грунта.

Применение рациональных приемов работы в правильно спланированном забое позволяет обеспечить наивысшую производительность машин при минимальной себестоимости земляных работ (рис. 10).

Они имеют комплект сменного оборудования, включающий прямую и обратную лопату, драглайн и грейфер.

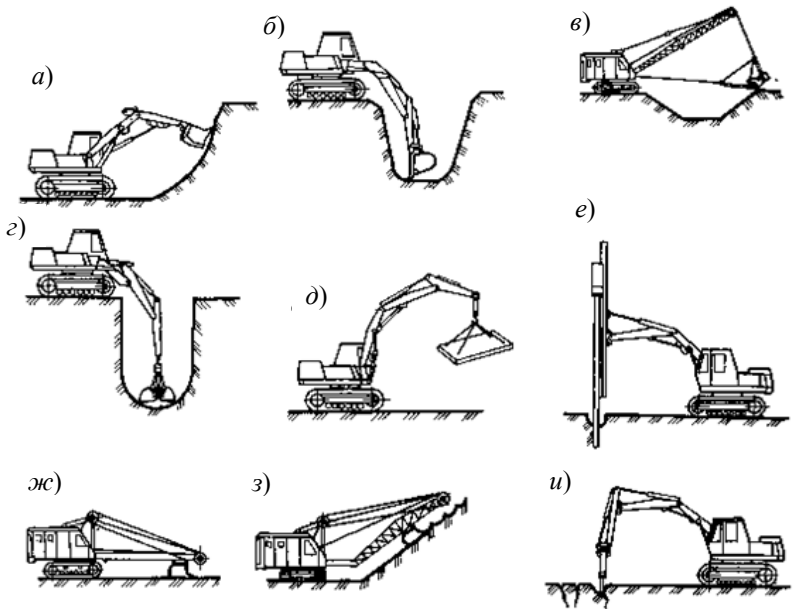


Рис. 10. Применение сменного рабочего оборудования экскаваторов:
а – прямая лопата; *б* – обратная лопата; *в* – драглайн; *г* – грейфер; *д* – кран; *е* – сваебойный копер; *ж* – струг; *з* – планировщик откосов; *и* – рыхлитель грунта

Кроме того, одноковшовые экскаваторы могут быть оснащены грузовым крюком, сваебойным оборудованием, стругом, приспособлением для планировки откосов и другими специальными устройствами.

1.6. Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами

Разработку грунта экскаваторами с прямой лопатой ведут лобовой и боковой проходкой. В лобовом забое (рис. 11, *а*, *б*, *в*) экскаватор разрабатывает грунт впереди себя и грузит его на транспортные средства, подаваемые к экскаватору сзади по дну забоя то с одной, то с другой стороны от оси проходки.

В боковом забое (рис. 11, *г*) экскаватор разрабатывает грунт по одну сторону от оси проходки и грузит его на транспортные средства, подаваемые по другую сторону.

Глубокие выемки разрабатывают в несколько ярусов. За ярус принимается высота забоя данного типа экскаватора.

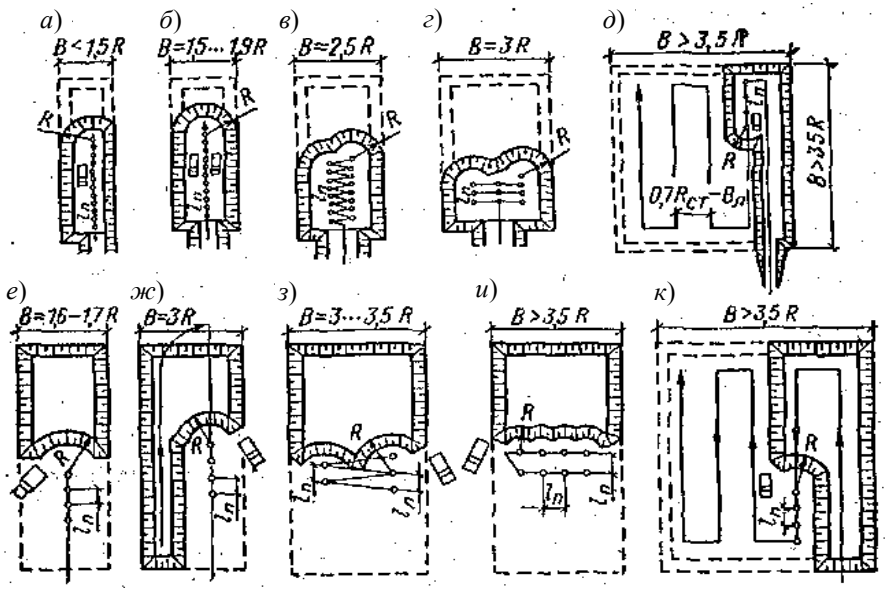


Рис. 11. Забои одноковшовых экскаваторов:
а–д – прямая лопата; *е–к* – обратная лопата и драглайн

Обратной лопатой экскаватор разрабатывает грунт «на себя» с торцевой или боковой проходкой. При торцевом забое (рис. 11, *е*, *ж*) экскаватор перемещается по оси отрываемой им траншеи или котлована, попеременно разрабатывая грунт то с одной, то с другой стороны в зависимости от того, куда подходят транспортные средства. Если

грунт разрабатывают не по оси движения экскаватора, то образуется боковой забой.

Экскаваторы с обратной лопатой целесообразно применять для копания траншей и котлованов глубиной до 6 м.

Экскаватор, оборудованный драглайном, разрабатывает грунт аналогично экскаватору с обратной лопатой, более эффективной схемой разработки является челночная, так как ковш драглайна имеет гибкую подвеску. При этой схеме транспортные средства подходят по дну котлована и угол поворота экскаватора при выгрузке грунта будет минимальным (рис. 11, *к*).

1.7. Разработка грунта землеройно-транспортными машинами

Землеройно-транспортные машины за один цикл разрабатывают грунт, перемещают его, разгружают в насыпь или кавальер и возвращаются в забой порожняком. Основными землеройно-транспортными машинами являются скреперы, бульдозеры и грейдеры.

Скреперы отличает высокая производительность. Их используют при разработке котлованов, устройстве протяженных выемок, насыпей и на планировочных работах в грунтах I–IV групп. Плотные грунты перед разработкой скрепером предварительно рыхлят. Толщина разрабатываемого за один проход слоя грунта зависит от мощности скрепера и составляет 120–320 мм.

Рабочим органом скрепера является ковш с ножевым устройством, расположенным в нижней его части, которым при движении осуществляют послойное резание грунта с одновременным перемещением его в ковш. Разгружают ковш с одновременным разравниванием грунта слоем толщиной 220–550 мм также при движении скрепера.

Скреперы бывают прицепными с вместимостью ковша 2,25–10 м^3, работающими в сцепе с трактором-тягачом, и самоходными с вместимостью ковша 8 м^3 и более. Самоходные скреперы являются более совершенными машинами. Они обладают хорошей маневренностью и высокой скоростью передвижения.

Дальность транспортировки грунта прицепными скреперами – до 1000 м, самоходными – до 3000 м.

Бульдозерами разрабатывают грунт в неглубоких и протяженных выемках и резервах для перемещения его в насыпь на расстоя-

ние до 100 м. Бульдозерами также обваловывают, разравнивают и планируют поверхность грунта, зачищают дно котлованов после экскаваторной разработки. Они часто входят в комплект оборудования, обеспечивающего комплексную механизацию земляных работ, разравнивая грунт, доставляемый различными транспортными средствами.

Разработку выемок бульдозером ведут ярусами, равными толщине слоя, снимаемого за один проход. При этом обеспечивают работу бульдозера под уклон.

На планировочных работах грунт разрабатывают преимущественно траншейным или послойным способом.

В первом случае ярусы глубиной 400–500 мм разрабатывают траншеями шириной в отвал бульдозера, оставляя между ними нетронутый грунт полосами 400–600 мм (рис. 12, *а*). Их срезают бульдозером в последнюю очередь.

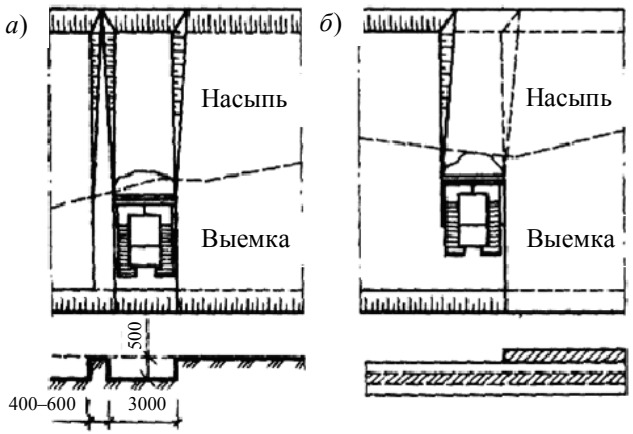


Рис. 12. Схема разработки грунта бульдозерами:
а – траншейным; *б* – послойным

При послойном способе грунт разрабатывают слоями, на толщину снимаемой стружки за один проход бульдозера, последовательно по всей ширине выемки или отдельной ее части (рис. 12, *б*).

При дальности перемещения грунта более 40 м применяют способ разработки с промежуточным валом, а также спаренную работу

двух бульдозеров. Отсыпку грунта в насыпи ведут послойно, начиная с более удаленной точки от места забора.

На практических занятиях решается упрощенная технологическая задача проектирования земляных работ, что позволит студентам представить круг вопросов, возникающих при проектировании, и позволит на практике познакомиться с нормативной литературой.

Глава 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1. Сведения о грунте

На основании задания и геологического разреза (рис. 13) необходимо установить характеристики грунтов (прил. 1, 2) и свести их в табл. 1.

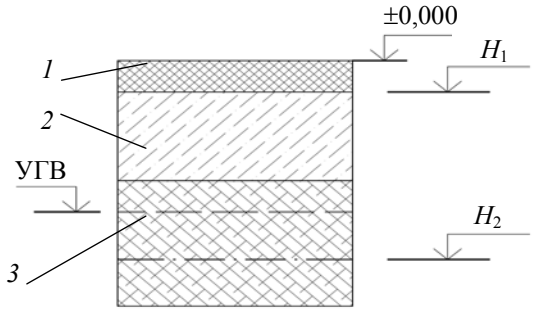


Рис. 13. Геологический разрез строительной площадки:
1 – растительный слой; *2* – первый основной грунт;
3 – второй основной грунт; УГВ – уровень грунтовых вод

Таблица 1

Характеристика грунтов

Показатели	Наименование грунтов по слоям	
	Растительный	Основной
Группа грунтов: • при механизированной разработке (см. ЕНиР, сб. Е2, вып. 1, табл. 1); • при ручной разработке (см. ЕНиР, сб. Е2, вып. 1, прил. 1)		
Средняя плотность в плотном состоянии, т/м^3 (см. ЕНиР, сб. Е2, вып. 1, табл. 1)		
Показатели крутизны откосов (см. СНиП 12-04–2002, табл. 1)		

Окончание табл. 1

Показатели	Наименование грунтов по слоям	
	Растительный	Основной
Показатели увеличения объемов грунта: • первоначальное увеличение объема грунта после разработки $к_п$, % (см. ЕНиР, сб. Е2, вып. 1, прил. 2); • остаточное разрыхление грунта $к_о$, % (см. ЕНиР, сб. Е2, вып. 1, прил. 2)		
Уровень грунтовых вод, м (из задания)		

Затем определяются объемы стакана и плиты фундамента и рассчитываются их объем и масса.

2.2. Сведения о лотке непроходного канала

Одними из распространенных элементов наружных инженерных сетей являются непроходные каналы, которые предназначены для прокладки труб. Внутреннего пространства канала достаточно только лишь для прокладки труб, а проход человека будет невозможным.

Конструктивно такой канал представляет собой железобетонный лоток необходимого размера, в котором монтируется трубопровод, а сверху закрывается железобетонной съемной конструкцией. Следует отметить, что обслуживание такой теплотрассы возможно только путем полного демонтажа верхнего перекрытия.

При монтаже непроходных каналов необходимо строго следовать нормам, включающим наружную и внутреннюю гидроизоляцию труб и канала.

Внутренняя изоляция непроходного канала имеет нескольких слоев: первый – антикоррозийный, второй – теплоизоляционный, после этого следует металлическая сетка и асбоцементная штукатурка. При этом необходимым условием является обеспечение испарения конденсата.

Производителями выпускаются непроходные каналы для инженерных сетей различных параметров, где варьируются длина, ширина, высота лотка, масса (которую важно знать и для определения грузоподъемности автотранспорта для транспортировки и непосредственно укладки каналов), а также прочность бетона. В некоторых

случаях по желанию заказчика могут быть выпущены железобетонные изделия с облегченным армированием.

Поперечный размер непроходного канала (рис. 14) должен позволять монтажнику и сварщику при укладке и соединении труб работать, стоя на его дне. Поэтому, согласно правилам производства работ, между трубой и стенкой расстояние принимается не менее 0,7 м.

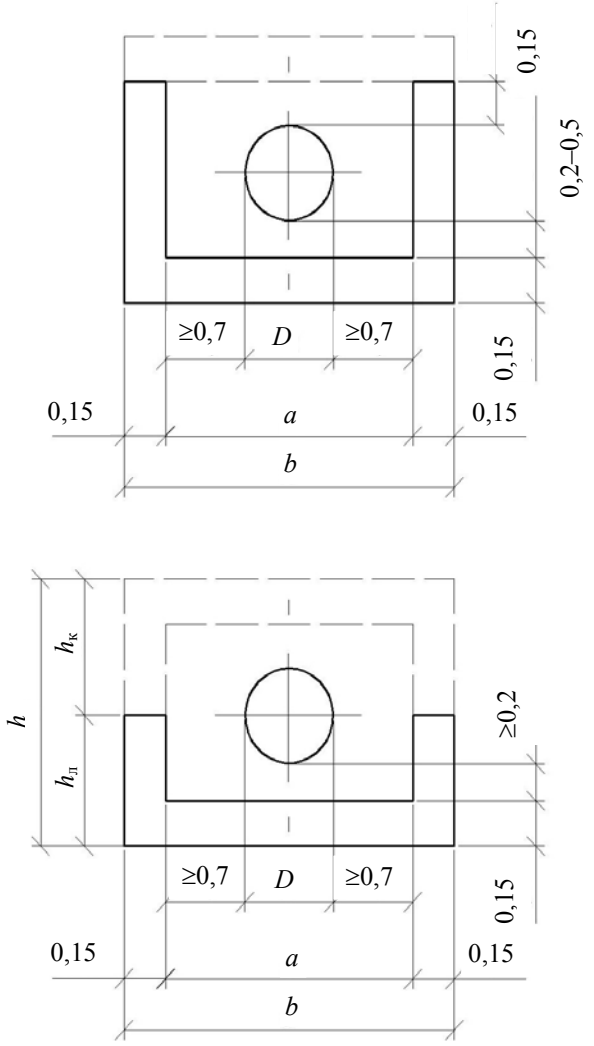


Рис. 14. Размеры лотка непроходного канала

Подсыпка под трубопроводом должна быть толщиной не менее 0,2 м и обычно не превышает 0,5 м. На основании этих сведений и задания имеем:

1. Длина лотка l, м (из задания).
2. Высота лотка $h_л$, м (из задания).
3. Ширина внутреннего прохода, м,
   $a = D + 1{,}4$ (округлить в большую сторону до 50 мм).
4. Полная ширина лотка, м,
   $b = a + 0{,}3$.
5. Площадь поперечного сечения тела лотка, м^2,
   $F = (2h_л + a) \cdot 0{,}15$.
6. Площадь поперечного сечения лотка с крышкой, м^2,
   $F_л = b \cdot h$.
7. Масса лотка, т,
   $M = \rho \cdot l \cdot F$, ρ принять равным 2,1 т/м^3.

2.3. Определение размеров траншеи под трубопровод

Ширина траншеи по дну при устройстве искусственных оснований под трубопроводы, коллекторы, проходные и непроходные каналы принимается равной ширине основания b, увеличенной на 0,2 м.

Размеры земляных сооружений, как правило, назначаются с точностью до 0,1 м (рис. 15).

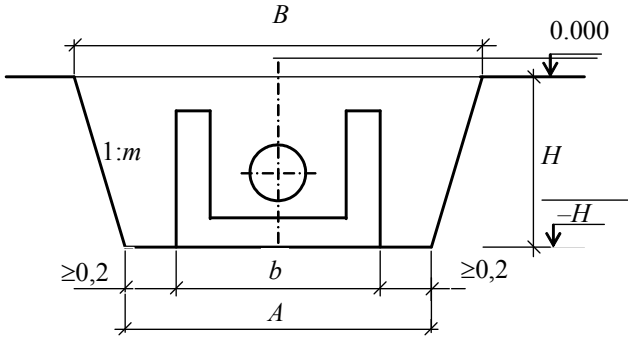


Рис. 15. Размер траншеи, м, для непроходного канала,
где $A \geq b + 0{,}4$; $B \geq A + 2H \cdot m$

Глава 3. ВЫБОР ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

Определить необходимые технические характеристики рабочего оборудования экскаватора:

- наименьший радиус копания, м,

$$R_{к} \geq \frac{B}{0{,}8} + (1...1{,}5); \qquad (1)$$

- наименьшая глубина копания, м,

$$H_{к} \geq \frac{H}{0{,}7}. \qquad (2)$$

На основании полученных значений выбирается тип рабочего оборудования. Ширина ковша должна быть меньше ширины траншеи.

Для рабочего оборудования обратная лопата:

$$b_{к} \leq A - l_{з},$$

где $b_{к}$ – ширина ковша; $l_{з}$ – запас ширины траншеи:

- для песка и супеси $l_{з} \geq 0{,}15$ м;
- для суглинка и глины $l_{з} \geq 0{,}1$ м.

Соотношение размеров ковша обратной лопаты (длина : ширина : высота) $\approx \sqrt[3]{q}$, где q – объем ковша.

Для рабочего оборудования драглайн:

- для песка и супеси $l_{з} \geq 0{,}25$ м;
- для суглинка и глины $l_{з} \geq 0{,}35$ м;
- соотношение размеров ковша (длина : ширина : высота) $\approx 1{,}2 : 1 : 0{,}8$.

Вместимость ковша целесообразно определять в случае небольшого размера траншеи по дну.

После этих расчетов выбирается экскаватор по технической характеристике, причем рекомендуется сделать окончательный выбор после расчета забоя.

Гусеничные экскаваторы рекомендуется применять при работе на слабых и влажных грунтах.

Пневмоколесные экскаваторы целесообразно использовать на грунтах с достаточно высокой несущей способностью, а также в городских условиях, где возможна перебазировка машин собственным ходом.

3.1. Определение условий работы экскаватора

Часть грунта, вынутого из траншеи, укладывается в кавальер для обратной засыпки, а лишний грунт вывозится в отвал автосамосвалами. Для определения размеров кавальера определяется засыпаемая площадь поперечного сечения траншеи с учетом размеров непроходного канала (рис. 16).

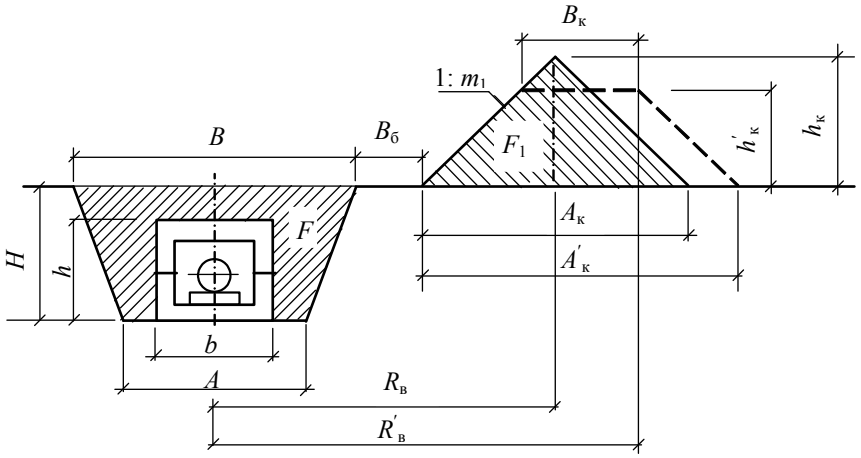


Рис. 16. Определение размеров кавальера

Засыпаемая площадь поперечного сечения траншеи F, м^2:

$$F = \frac{A + B}{2} \cdot H - b \cdot h. \qquad (3)$$

Площадь поперечного сечения кавальера F_1 с учетом $k_п$ и k_0, м^2:

$$F_1 = F \cdot (1 + k_п) \cdot (1 - k_0). \quad (4)$$

Высота кавальера:

$$h_к = \sqrt{\frac{F_1}{m_1}}. \quad (5)$$

При выборе формы и высоты поперечного сечения кавальера учитывается радиус выгрузки грунта $R_в$, который должен быть минимальным. Крутизна откоса кавальера при высоте до трех метров $m_1 = 1$, а при высоте свыше трех метров $m_1 = 1{,}25$. Высота кавальера свыше пяти метров затрудняет его разборку и является нецелесообразной.

Ширина бермы на сухих грунтах может быть равной 0,5 м, на влажных грунтах:

$$B_б \geq H(m_1 - m) + 0{,}5 \geq 1{,}5 \text{ м}. \quad (6)$$

Радиус выгрузки при работе экскаватора навымет:

- для треугольного кавальера

$$R_в > \frac{B}{2} + B_б + \frac{A_к}{2}; \quad (7)$$

- для трапецеидального кавальера

$$R'_в > \frac{B}{2} + h_к \cdot m_1 + B_к. \quad (8)$$

3.2. Выбор автосамосвала

Выбор автосамосвала как части комплекта машин при производстве земляных работ базируется на соответствии его параметров (вместимость и высота кузова, грузоподъемность) ранее выбранному экскаватору. Число циклов экскаватора, необходимых для загрузки автосамосвала, зависит от расстояния транспортирования и принимается в пределах 3–9 шт., оптимально 4–6 шт. Для выбора автосамосвала определяется объем грунта, погруженного за оптимальное число циклов:

$$Q_ф = n \cdot q \cdot K_н, \quad (9)$$

где n – оптимальное число ковшей; q – вместимость ковша экскаватора, м^3; $K_н$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора (прил. 2).

По табл. 2.1.7 (см. прил. 2) выбирается автосамосвал с учетом коэффициента наполнения его кузова $K_н^{а/с}$, который должен быть в пределах:

$$0{,}85 \leq K_н^{а/с} \leq 1{,}1. \quad (10)$$

Тогда

$$Q \leq 1{,}1 Q_ф. \quad (11)$$

Масса грунта $G_г$ в кузове автосамосвала не должна превышать его грузоподъемность G более чем на 5 %:

$$G_г = Q_ф \cdot ρ(1 + K_п) K_{вл} \leq 1{,}05 \cdot G, \quad (12)$$

где $K_п$ – коэффициент первоначального разрыхления; $K_{вл}$ – коэффициент, учитывающий влажность грунта.

Для обеспечения бесперебойной работы экскаватора, являющегося ведущей машиной, необходимо определить потребность в транспортных средствах. При непрерывной работе в транспорт число автосамосвалов определяется по формулам:

$$N \geq \frac{T_а}{t_п}; \quad (13)$$

$$N \geq \frac{T_а}{t_п + t_м}, \quad (14)$$

где $T_а$ – время цикла транспортировки грунта автосамосвалом; $t_п$ – продолжительность погрузки; $t_м$ – время установки автосамосвала под погрузку (см. прил. 2).

Зависимость (13) используется при возможности установки машин под погрузку с двух сторон, а (14) – с одной стороны экскаватора.

Продолжительность цикла автосамосвала $T_а$:

$$T_а = t_п + \frac{L_т}{V_{ср}} + t_{р.м} + \frac{L_т}{V'_{ср}} + t_м, \qquad (15)$$

где $t_п = n \cdot T_ц$, $T_ц$ – продолжительность цикла экскаватора; $L_т$ – дальность транспортировки; $V_{ср}$, $V'_{ср}$ – средняя скорость движения автосамосвала груженого и без груза (см. прил. 2). Порожний автосамосвал перемещается быстрее на 10–20 %.

Полученное по формуле (14) количество машин округляется до целого в большую сторону.

Если экскаватор работает одновременно навымет и в транспорт, то число самосвалов равно

$$N_1 \geq \frac{T_а}{t_п}\left\{\frac{\frac{П_н}{П_т}}{\frac{V_н}{V_т} + \frac{П_н}{П_т}}\right\}, \qquad (16)$$

где $П_н$, $П_т$ – производительность экскаватора при работе навымет и в транспорт; $V_н$, $V_т$ – объем грунта, разрабатываемого навымет и в транспорт.

Если грунт для обратной засыпки завозится из карьера и продолжительность этой работы на данной стадии проектирования не определена, рассчитывается время завоза:

$$T_{тр} \geq \frac{V_т}{Q_{ср}} \cdot T_а, \qquad (17)$$

где $T_{тр}$ – время цикла транспортировки грунта из карьера; рассчитывается в сменах и округляется до 0,5 смены.

Организация работы автосамосвалов наглядна на графике их движения (рис. 17).

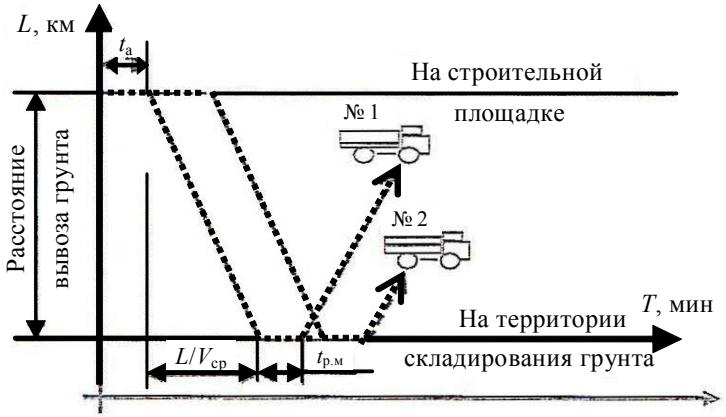


Рис. 17. График движения автосамосвалов

3.3. Выбор экскаватора

Выбор экскаватора, его ходового и рабочего оборудования зависит от размеров выемки, объемов работ, условий разгрузки ковша при работе навымет и в транспорт, группы трудности разработки грунта и его влажности. В первую очередь отмечается возможность разрабатывать грунт заданной группы трудности разработки. Для слабых и влажных грунтов рекомендуется выбирать гусеничное ходовое оборудование, для сухих – желательно использовать пневмоколесные экскаваторы.

Объем ковша экскаватора q рекомендуется выбирать в зависимости от объема работ $V_э$ (табл. 2).

Для связных грунтов целесообразно использовать ковш с зубьями, для песков и супесей – со сплошной режущей кромкой.

При определении условий, необходимых для успешной работы экскаватора в забое, требуется учитывать наименьшую глубину забоя, обеспечивающую наполнение ковша (см. прил. 2).

Таблица 2

Объем ковша экскаватора в зависимости от объема работ

Объем разработки грунта $V_э$, м^3	Объем ковша экскаватора q, м^3
До 500	0,15–0,25
500–1500	0,3–0,5
1500–3000	0,5–0,8
2000–8000	0,63–1,0
6000–12 000	0,8–1,6
10 000–18 000	1,2–2,5
Свыше 18 000	1,8–3,2

Для обеспечения безопасности при выполнении работ минимальное расстояние от поворотной платформы экскаватора до автосамосвалов, строений, откосов выемок и насыпей и других неподвижных препятствий должно быть не менее 1 м.

Забоем называют зону разработки и выгрузки грунта экскаватором, включающую место стоянки экскаватора во время работы, часть массива грунта, отрываемого с одной стоянки, место стоянки и маневрирования транспортных средств под погрузкой и место отсыпки грунта при работе навымет. Опасной зоной работы экскаватора $F_о$ считается площадка радиусом, м:

$$F_о \geq R_к + 5, \tag{18}$$

где $R_к$ – наибольший радиус копания.

Разработка грунта производится проходками, параметры которых определяются размерами выемки, технологическими возможностями экскаватора и оптимальными затратами времени выполнения рабочего цикла. При торцевой (для прямой лопаты – лобовой) проходке ось движения экскаватора находится в площади сечения получаемой выемки, при боковой проходке экскаватор перемещается сбоку от разрабатываемой выемки.

В реальных условиях одноковшовые экскаваторы не могут полностью реализовать заводские значения таких технических характе-

ристик рабочего оборудования, как глубина $H_к^*$ и радиус копания $R_к^*$. При выборе глубины и радиуса копания предварительно принимается:

- для обратной лопаты, м:

$$H_к^* \geq \frac{H}{0,7}, \tag{19}$$

$$R_к^* \geq \frac{B}{0,8} \text{ – работа в транспорт,} \tag{20}$$

$$R_к^* \geq \frac{B}{0,8} + 1,5 \text{ – работа навымет;} \tag{21}$$

- для драглайна, м:

$$H_к^* \geq \frac{H}{0,9}, \tag{22}$$

$$R_к^* \geq \frac{B}{0,7} + 1; \tag{23}$$

- для прямой лопаты, м:

$$H_к^* \geq \frac{H}{0,9}, \tag{24}$$

где B – ширина проходки по верху.

Технические характеристики выбранного экскаватора, необходимые для дальнейших расчетов, следует привести в расчетно-пояснительной записке (табл. 3).

Таблица 3

Техническая характеристика экскаватора

№ п/п	Наименование	Марка машины
1	Группа трудности разрабатываемого грунта	
2	Вместимость ковша q, м^3	
3	Глубина копания $H_к$, м	

Окончание табл. 3

№ п/п	Наименование	Марка машины
4*а*	Наибольший радиус копания $R_к$, м	
4*б*	Длина стрелы $l_с$, м	
5	Радиус задней части поворотной платформы $r_к$, м	
6	Расстояние от оси пяты стрелы до оси вращения $r_ш$, м	
7	Высота оси пяты стрелы $h_ш$, м	
8	Ходовое оборудование	
9	База Б, м	
10	Колея К, м	
11	Усилие на зубьях ковша S_0, кН	
12	Продолжительность рабочего цикла $T_ц$, с	
13*б*	Угол наклона стрелы α, град.	

Примечание: *а* – для обратной лопаты; *б* – для драглайна.

3.4. Расчет забоя одноковшового экскаватора «обратная лопата»

Расстояние от передней опоры экскаватора до бровки откоса l_{min} (ширина бермы безопасности) (рис. 18) должно исключать обрушение откоса, сползание или опрокидывание экскаватора в разрабатываемую выемку. Ширина бермы безопасности определяется размерами призмы обрушения и является минимальным расстоянием для установки или движения транспортных, землеройных, грузоподъемных и других машин, укладки кавальера у бровки откоса.

При глубине выемки на сухих грунтах до 7 м можно принять:

$$l_{min} = 0{,}5\ldots1,\ м, \qquad (25)$$

а на увлажненных это расстояние, м (см. рис. 18):

$$l_{min} = H\left(m_в - m\right) + 0{,}5 \geq 1{,}5, \qquad (26)$$

где $m_в = 1{,}35$ – заложение откоса на увлажненном грунте.

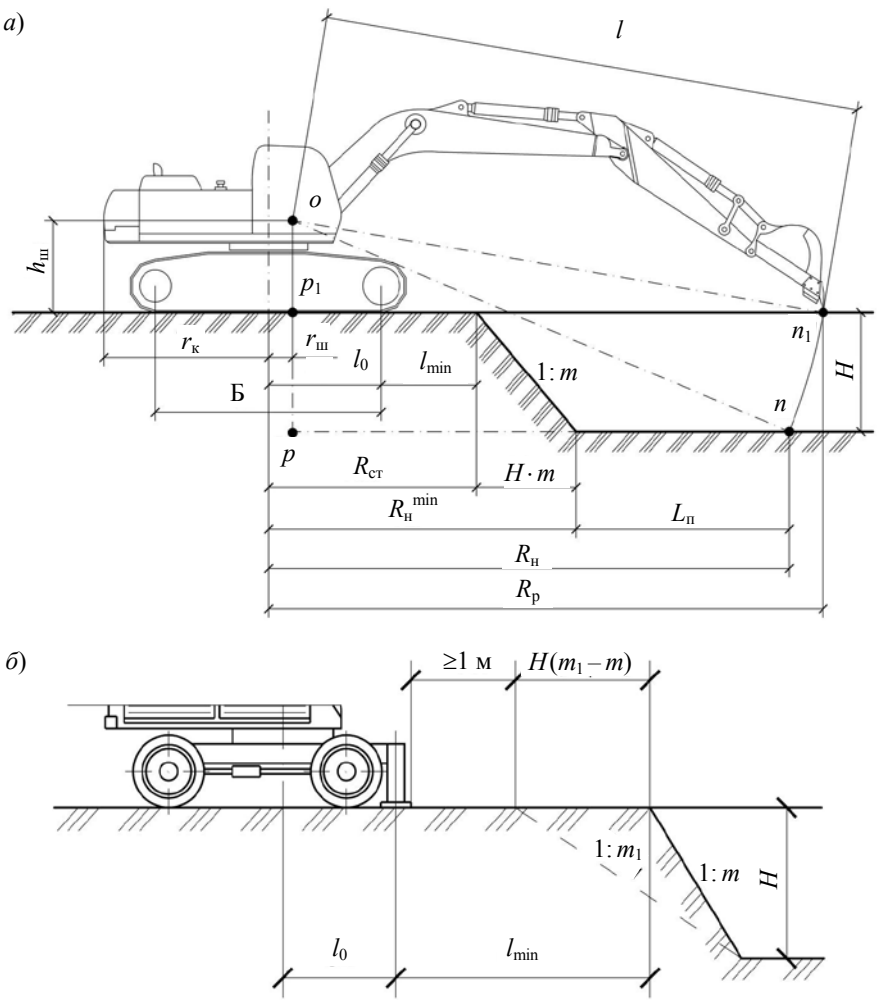


Рис. 18. Продольный разрез забоя экскаватора «обратная лопата»: *а* – схема для расчета забоя; *б* – определение расстояния от передней опоры до бровки откоса на увлажненных грунтах

Расстояние от оси вращения поворотной платформы до бровки откоса $R_{ст}$ должно быть не меньше чем:

$$R_{ст} \geq l_о + l_{min}, \qquad (27)$$

где $l_о$ – расстояние от оси вращения до передней опоры экскаватора.

У гусеничных машин $l_{\text{о}} = \frac{\text{Б}}{2} + (0{,}1...0{,}15)$, м, у колесных машин $l_{\text{о}} = \frac{\text{Б}}{2}$, где Б – продольная база машины.

Тогда наименьший радиус копания по дну проходки $R_{\text{н}}^{\min}$, м:

$$R_{\text{н}}^{\min} \geq R_{\text{ст}} + H \cdot m. \tag{28}$$

Так как технические характеристики экскаваторов в реальных условиях полностью не реализуются, рабочий радиус копания, м, принимается:

$$R_{\text{р}} = (0{,}85 - 0{,}95) \cdot R_{\text{к}}. \tag{29}$$

Наибольший радиус копания на глубине *H*, м, определяется из òðåóãë ëüí èêà *nop* (см. рис. 18):

$$R_H \leq \sqrt{l^2 - (H + h_{\text{ш}})^2} + r_{\text{ш}}, \tag{30}$$

при этом из треугольника $n_1 op_1$:

$$l = \sqrt{(R_{\text{р}} - r_{\text{ш}})^2 + h_{\text{ш}}^2}. \tag{31}$$

Для производительной работы экскаватора шаг его перемещения в забое $L_{\text{п}}$, м, должен быть не менее рекомендованного (см. прил. 2):

$$L_{\text{п}} \geq R_H - R_H^{\min}. \tag{32}$$

Радиус выгрузки в транспортное средство $R_{\text{в}}^{\text{т}}$, м (рис. 19, *а*):

$$R_{\text{в}}^{\text{т}} \leq \sqrt{l^2 - (h_{\text{в}}^{\text{т}} - h_{\text{ш}})^2} - \frac{l_{\text{к}}}{2} + r_{\text{ш}}, \tag{33}$$

$$h_{\text{в}}^{\text{т}} = h_{\text{т}} + h_{\text{з}}, \tag{34}$$

где $h_{\text{в}}^{\text{т}}$ – необходимая высота выгрузки, м; $h_{\text{т}}$ – высота транспортного средства; $l_{\text{к}} \approx \sqrt[3]{q}$ – длина ковша; q – вместимость ковша; $h_{\text{з}}^{\text{т}}$ – запас высоты режущей кромки (зубьев) ковша над призмой грунта в транспорте, м:

$$h_{\text{з}}^{\text{т}} = \Delta h + h_{\delta}, \tag{34а}$$

где Δh – превышение призмы грунта в транспортном средстве над его бортом, Δh = 0,3 м; h_{δ} – запас высоты режущей кромки ковша над призмой грунта; для гидравлических экскаваторов h_{δ} = 0,1…0,3 м; для механических h_{δ} = 0,3…0,5 м.

Расстояние между кузовом экскаватора и транспортным средством должно быть не менее 1 м (см. рис. 19, *а*).

При работе экскаватора навымет необходимые радиус $R_{\text{в}}^{\text{н}}$ и высота выгрузки (рис. 19, *б*) зависят от расположения и размеров кавальера и его формы.

Для кавальера треугольного сечения, м,

$$R_{\text{в}}^{\text{н}} = \sqrt{l^2 - (h_{\text{в}}^{\text{н}} - h_{\text{ш}})^2} - \frac{l_{\text{к}}}{2} + r_{\text{ш}}, \tag{35}$$

а для трапецеидального, м,:

$$R_{\text{в}}^{\text{н}^{\text{т}}} = \sqrt{l^2 - (h_{\text{в}}^{"} - h_{\text{ш}})^2} + r_{\text{ш}}, \tag{36}$$

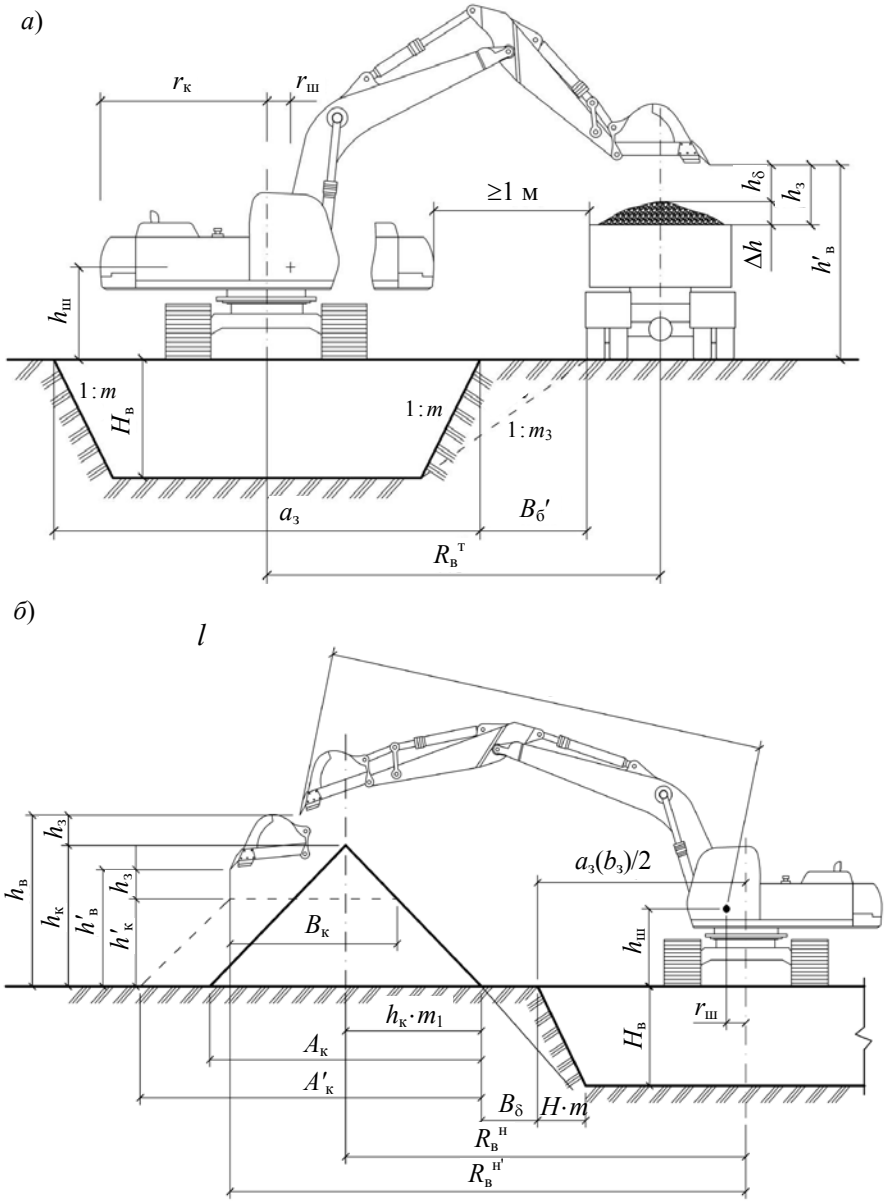
$$h_{\text{в}}^{\text{н}} = h_{\text{к}} + h_{\text{з}}, \tag{37}$$

где $h_{\text{в}}^{\text{н}}$ – запас высоты выгрузки над кавальером, м:

для механического экскаватора $h_{\text{з}} \geq 0{,}1...0{,}3$,

для экскаватора с гидроприводом $h_{\text{з}} \geq \frac{l_{\text{к}}}{2} + 0{,}1$.

План забоя (рис. 20) позволяет определить возможное расположение, наибольшую длину кавальера и расстояние от торцевой бров-



а – работа в транспорт; *б* – работа навымет

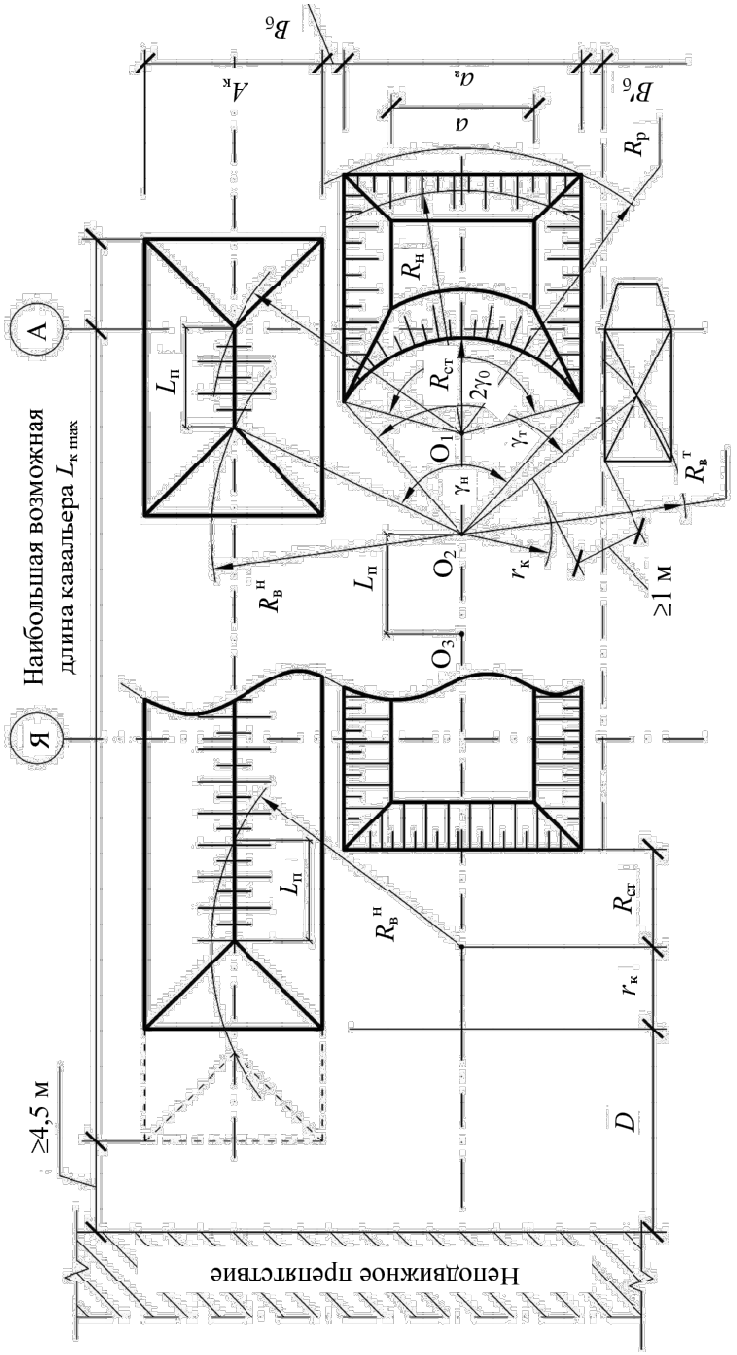


Рис. 20. План забоя экскаватора с рабочим оборудованием «обратная лопата»

ки до ближайшего препятствия, а также наиболее целесообразную ширину последующих проходок при известных $R_в^т$ и $R_в^н$.

Ширина берм $B_б$ и $B'_б$ зависит от вида грунта и его влажности.

Угол поворота экскаватора в забое $2\gamma_0$ и положение его первой стоянки в начале работ определяется планом забоя (см. рис. 20).

Для более производительной работы углы поворота на разгрузку $\gamma_т$ и $\gamma_н$ должны быть выбраны наименьшими из возможных, что достигается рациональным расположением экскаватора относительно кавальера и транспортного средства, при этом трасса его перемещения не обязательно должна совпадать с осью траншеи.

Углы поворота γ нормируются (см. прил. 2), поэтому при разгрузке на одну сторону он не должен в среднем превышать 135°, а на две стороны – 270°. Если угол поворота в забое $2\gamma_0$ меньше 55°, значит, выбран слишком большой экскаватор, поэтому возрастает стоимость работ. Из экономических соображений целесообразно принимать $2\gamma_0$ в пределах:

$$55° \le 2\gamma_0 \le 100°. \quad (38)$$

3.5. Расчет забоя одноковшового экскаватора «драглайн»

Как и обратная лопата, драглайн разрабатывает грунт ниже уровня своей стоянки. Но поскольку его стрела значительно длиннее, а ковш соединяется с ней гибкой связью, имеются некоторые особенности определения его технологических возможностей (рис. 21).

Рекомендованный шаг перемещения в забое у драглайна значительно больше, чем у «обратной лопаты» (см. прил. 2), а угол поворота в забое $2\gamma_0$ меньше и, как правило, ограничивается:

- при работе навымет

$$50° \le 2\gamma_0 \le 100°; \quad (39)$$

- при работе в транспорт

$$30° \le 2\gamma_0 \le 90°. \quad (39а)$$

Наименьшая глубина копания из-за большой длины забоя не ограничивается, а наибольшая глубина выемки при торцевой проходке

ограничена длиной канатов (см. прил. 2). При угле наклона стрелы $\alpha > 45°$, что может быть принято по условию выгрузки ковша, эта характеристика машины рассчитывается экстраполяцией данных о глубине копания при углах наклона в 30–45°.

Расстояние от передней опоры экскаватора до бровки откоса l_{min} на достаточно устойчивых, сухих грунтах принимается не менее 1,5 м, а на увлажненных грунтах увеличивается до 3–5,5 м в зависимости от вместимости ковша.

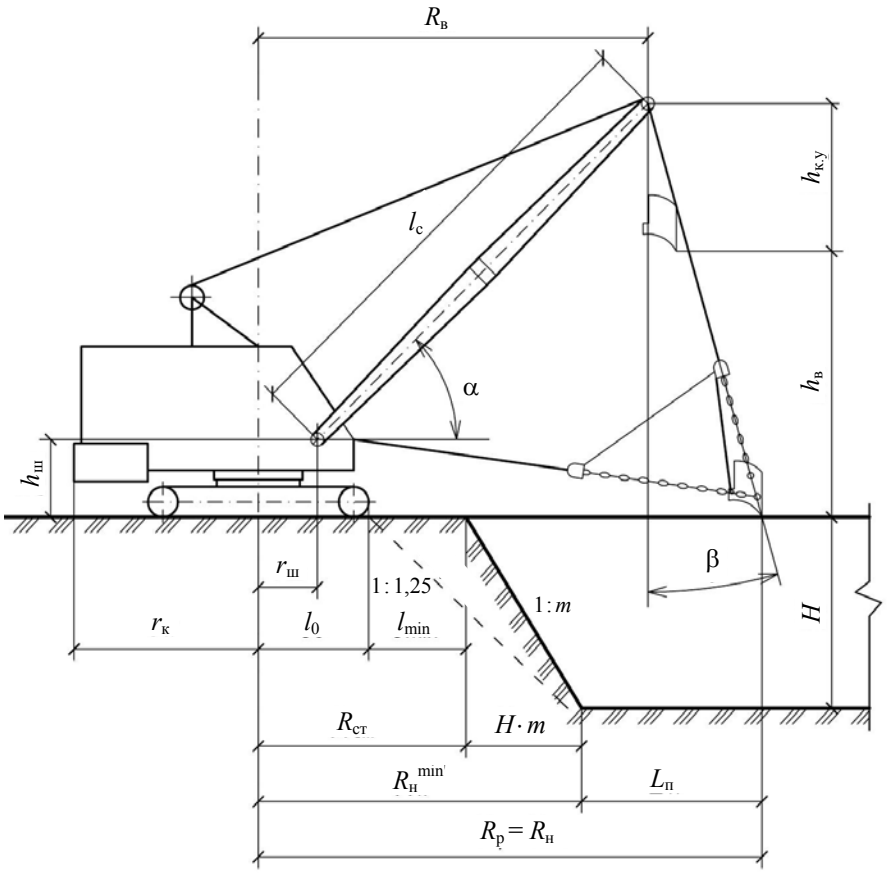


Рис. 21. Продольный разрез забоя одноковшового экскаватора с рабочим оборудованием драглайн

Наименьший радиус копания на уровне стоянки $R_{ст}$ определяется так же, как и для обратной лопаты.

Наибольший радиус копания $R_р$ (см. рис. 21):

$$R_р = l_с \cos\alpha + (l_с \sin\alpha + h_ш)\mathrm{tg}\beta + r_ш, \quad (40)$$

где α – угол наклона стрелы – обычно в зависимости от размеров проходки и условий выгрузки принимается в диапазоне от 30 до 60°; $l_с$ – длина стрелы – выбирается по справочнику в зависимости от глубины копания и ширины траншеи поверху; β – угол забрасывания ковша – по условию нормальной работы полиспаста $\beta \le 10$–$15°$.

Так как наибольший радиус копания по дну траншеи $R_н$ равен $R_р$, то

$$L_п = R_р - R_н^{\min}. \quad (41)$$

Радиус выгрузки в транспорт и кавальер равны и составляют

$$R_в = r_ш + l_с \cos\alpha - \frac{h_к}{2}, \quad (42)$$

где $h_к$ – высота ковша драглайна; $h_к \approx 0{,}8\sqrt[3]{q}$.

Наибольшая высота выгрузки $h_в$ определяется длиной стрелы и углом ее наклона α, а также размерами ковша с упряжью. Для предварительных расчетов можно принять, что высота выгрузки не превышает:

$$h_в \le (l_с \sin\alpha + h_ш) - l_{к.у}, \quad (43)$$

где $l_{к.у}$ – длина ковша с упряжью; $l_{к.у} \approx 1{,}8\sqrt[3]{q}$.

В связи со сложностью регулирования положения ковша при разгрузке, особенно в транспортные средства, принимается:

- при работе в транспорт

$$h_з^т = 0{,}6\text{–}0{,}8 \text{ м}; \quad (44)$$

- при работе навымет

$$h_з^н = 0{,}5\text{–}0{,}6 \text{ м}. \quad (44а)$$

Остальные параметры забоя и проходок определяются так же, как и для обратной лопаты.

3.6. Расчет производительности экскаватора

По результатам расчета забоя делается окончательный выбор экскаватора, после чего рассчитываются нормативная и эксплуатационная производительности машины.

Для расчета нормативной производительности $П_н$, м³/см, применяется зависимость

$$П_н = \frac{t_{см}}{Н_{вр}} \cdot 100, \quad (45)$$

где $t_{см}$ – продолжительность смены, ч; $Н_{вр}$ – норма времени согласно соответствующему параграфу ЕНиР (Е2–1); 100 – переводной коэффициент.

Нормативная производительность экскаваторов с рабочим оборудованием обратная лопата и драглайн рассчитывается как при работе навымет, так и в транспорт с учетом налипания грунта, работы в забоях с мокрой подошвой и т. п. (см. прил. 3).

Для расчета эксплуатационной производительности экскаватора $П_э$, м³/см, рекомендуется использовать зависимость

$$П_э = 3600 \frac{q}{T_ц} K^{o} \frac{K_н}{1 + K_п} K_в \cdot t_{см}, \quad (46)$$

где $T_ц$ – время рабочего цикла, с; K^{o} – коэффициент, учитывающий угол поворота на разгрузку; $K_в$ – коэффициент использования экскаватора по времени в смену; при разработке навымет $K_в = 0{,}9$, при работе в транспорт с погрузкой на одну сторону $K_в = 0{,}83$, на две стороны $K_в = 0{,}85$; коэффициент наполнения ковша $K_н$ не может превы-

шать значения, приведенные в прил. 2, и зависит от условий наполнения ковша в спроектированном забое. Для успешного наполнения ковша нужно, чтобы

$$q \le b_к \cdot L^* \cdot h_с, \tag{47}$$

где $b_к$ – ширина ковша; L^* – необходимый путь наполнения ковша в забое; $h_с$ – толщина снимаемой стружки (рис. 22).

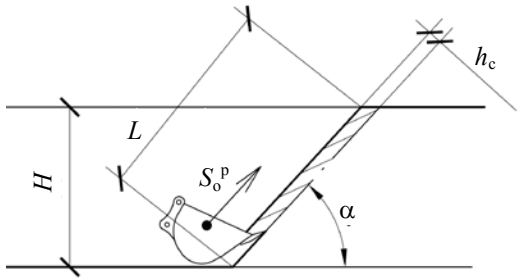


Рис. 22. Путь наполнения ковша экскаватора «обратная лопата»

Возможная толщина стружки определяется из зависимости

$$S_o^р \ge P_o \ge K_{уд} \cdot b_к \cdot h_с, \tag{48}$$

где $S_o^р$ – рабочее усилие на зубьях (режущей кромке) ковша:

- для гидравлических экскаваторов

$$S_o^р = 0{,}9 S_o;$$

- для механических экскаваторов

$$S_o^р = 0{,}75 S_o;$$

- для драглайна

$$S_o^р = 0{,}7 S_o,$$

где S_o – усилие на зубьях (режущей кромке) ковша (см. прил. 2); P_o – сопротивление грунта копанию; $K_{уд}$ – удельное сопротивление грунта копанию (см. прил. 2).

Из (48):

$$h_с \le \frac{S_o^р}{K_{уд} \cdot b_к}. \tag{48а}$$

Тогда можно найти необходимый путь наполнения ковша:

$$L^* \ge \frac{q}{b_к \cdot h_с}. \tag{49}$$

Ковш экскаватора с рабочим оборудованием «прямая» и «обратная лопата» наполняется на пути L (см. рис. 22), длина которого зависит от глубины выемки и заложения откоса, при этом должна соблюдаться зависимость

$$L^* \le L = \frac{H}{\sin\alpha}. \tag{50}$$

Если $L \ne L^*$, необходимо определить фактический коэффициент наполнения ковша экскаватора $K_н^ф$, причем он должен быть не менее 0,65. Для увеличения пути наполнения ковша можно уменьшить угол заложения откоса α, внеся соответствующие изменения в схему забоя; в случае, если $K_н^ф > K_н$, уменьшается толщина стружки $h_с$ или выбирается ковш большей вместимости, что возможно на грунтах I–II группы трудности разработки.

Ковш экскаватора с рабочим оборудованием «драглайн» наполняется на пути L, значительно превышающем путь наполнения ковша у «обратной и прямой лопаты» (рис. 23):

$$L = \frac{L_п}{4} + L_0, \tag{51}$$

где $L_п$ – шаг перемещения экскаватора в забое, а $L_0 = \frac{H}{\sin\alpha}$.

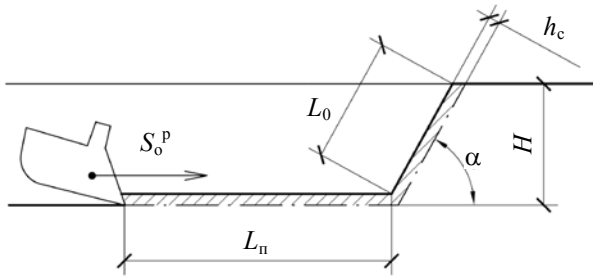


Рис. 23. Путь наполнения ковша экскаватора «драглайн»

3.7. Разработка грунта растительного слоя

Плодородный слой до начала основных земляных работ должен быть снят в пределах строительной площадки и перемещен в отвалы для последующего использования при рекультивации или повышении плодородности сельскохозяйственных угодий. Допускается не снимать плодородный слой при его толщине менее 10 см на обводненных участках и при разработке траншей шириной по верху 1 м и менее.

Мощность почвенного слоя в большинстве регионов невелика, поэтому нецелесообразно использовать для его разработки экскаваторы, так как не обеспечивается достаточное наполнение их ковша (см. прил. 2). Наиболее целесообразно применение землеройно-транспортных машин – скреперов и бульдозеров.

Применение скреперов экономически выгодно при расстоянии до отвала в пределах 0,3–5 км. При расположении отвала на большем расстоянии грунт разрабатывается бульдозером, перемещается за пределы строительной площадки и укладывается во временный отвал. Затем его грузят в автотранспорт для перевозки к месту хранения или использования.

Скреперы хорошо работают именно на связанных грунтах, коэффициент наполнения ковша на грунтах растительного слоя (при снятии стружки постоянной толщины h_c) находится в пределах 0,8–1,1; работа производится на захватках длиной до 200 м. При использовании бульдозеров-толкачей h_c достигает значения, приведенного в технической характеристике скрепера; без толкача она не дол-

жна превышать 50 % от табличного значения. В зависимости от поставленной задачи грунт разрабатывается последовательными проходками или через полосу (рис. 24).

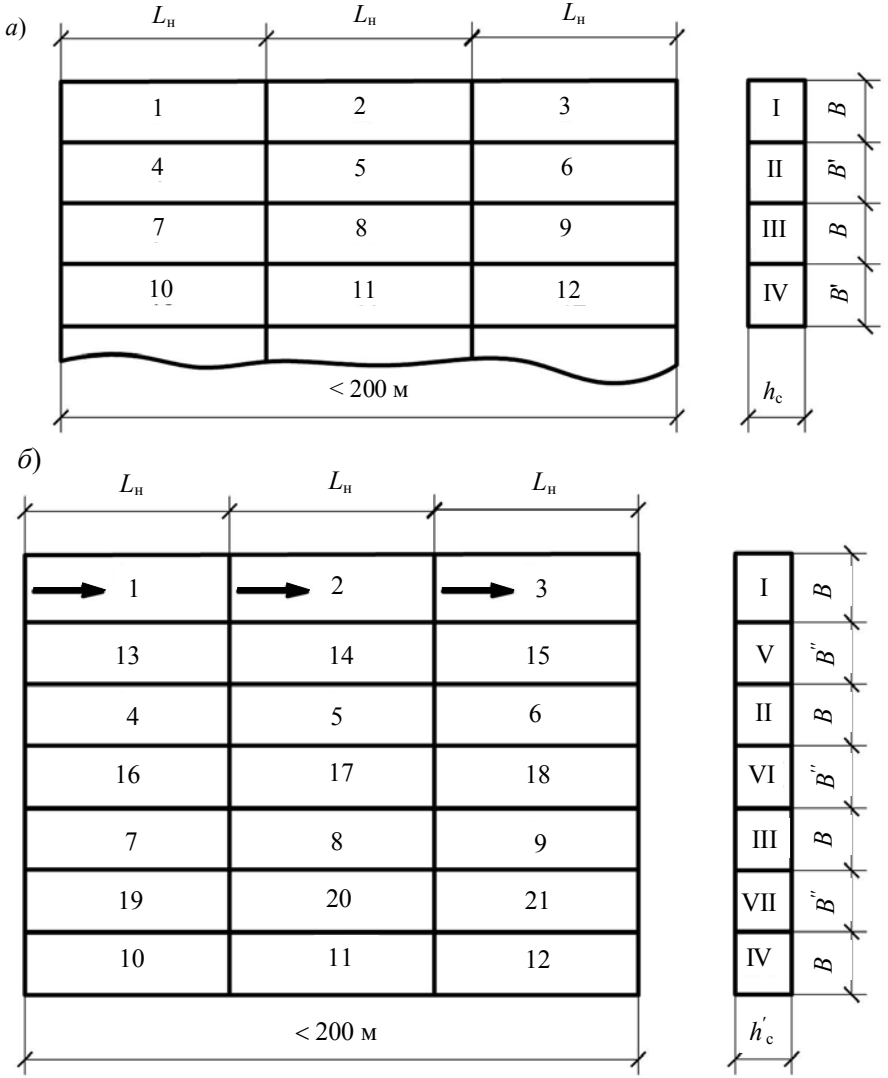


Рис. 24. Схемы срезки растительного слоя грунта:
а – работа последовательными проходками; *б* – работа через полосу:
1, 2, 3 – номера забоев; I, II, III – последовательность проходок

При последовательных проходках грунт разрабатывается в условиях полублокированного резания, а ширина снимаемой полосы B', кроме первой проходки:

$$B' = B - b, \tag{52}$$

где B' – ширина ковша; b – перекрытие полос разработки грунта, $b = 0{,}3\ldots0{,}5$ м, что позволяет разрабатывать грунт без толкача стружками $h_c \le 0{,}5h_{max}$, где h_{max} – табличное значение наибольшей глубины резания.

При работе «через полосу» часть проходок (I, II и т. д., см. рис. 23) выполняется в условиях блокированного резания и $h'_c < h_c$, однако во время проходок V, VI и т. д. ширина B'' разрабатываемой полосы грунта меньше ширины ковша на 0,6–0,8 м, что позволяет подобрать ранее просыпавшийся грунт и исключить планировочные работы.

Длина пути наполнения ковша скрепера $L_н$ определяется по формуле

$$L_н = \frac{q \cdot k_н}{h_c \cdot B'}, \tag{53}$$

где q – вместимость ковша, м^3; $k_н$ – коэффициент наполнения ковша; h_c – толщина снимаемой стружки, м; B' – ширина снимаемой полосы, м.

Срезка растительного слоя грунта бульдозерами производится на захватках Iа, Iб, IIа шириной до 30 м (см. рис. 24). Перемещение во временный отвал на расстояние до 50 м выполняется по траншейной схеме (одним или спаренными бульдозерами), а до 150 м – спаренными бульдозерами по схеме с промежуточными валами. Это вызвано значительными потерями грунта при транспортировке, составляющими от 0,005 до 0,03 объема призмы волочения на отвале на 1 м перемещения.

Для правильной организации работ разрабатываемый участок разбивается на «карты» шириной не более 60 м и длиной не менее 30 м из условий наполнения отвала, а временные отвалы располагаются, по возможности, на минимальном удалении от границы участка расчистки. На захватках бульдозер разрабатывает грунт по челночной схеме, а затем транспортирует во временный отвал. Ширина проходки (разрез 1–1, рис. 25, *а*) B' принимается на 0,3–0,5 м меньше длины отвала

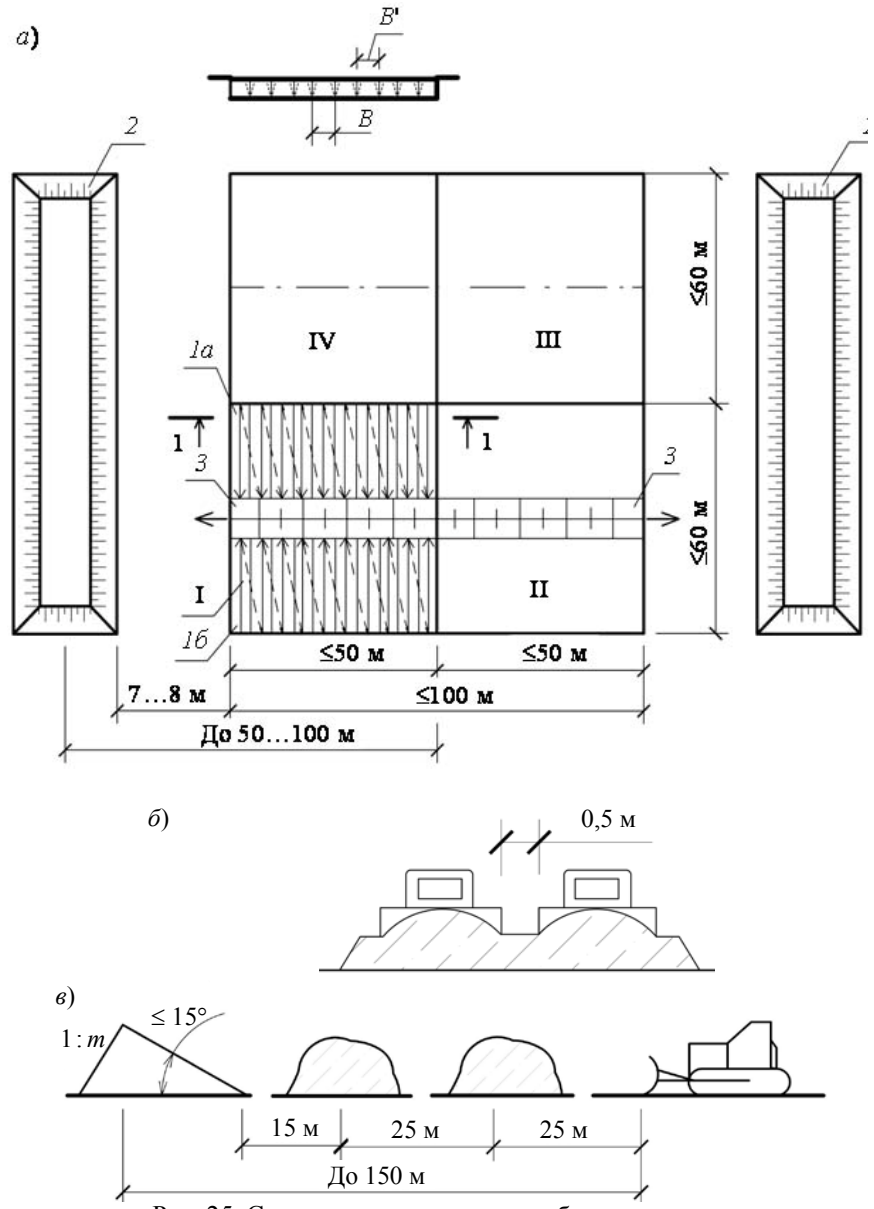


Рис. 25. Срезка растительного слоя бульдозером:
а – схема разработки растительного слоя бульдозером; *б* – работа спаренными бульдозерами; *в* – схема работы с промежуточными валами: *1* – участок срезки растительного слоя; *2* – временные отвалы; *3* – валик грунта между захватками; I–IV – захватки

бульдозера B. После снятия грунта растительного слоя необходимо выполнить предварительную планировку строительной площадки.

3.8. Выбор монтажного крана

Установка лотков производится, в основном, автомобильными или самоходными стреловыми кранами. При достаточной несущей способности грунта желательно использовать автомобильные или самоходные стреловые краны на пневмоколесном ходовом оборудовании. Монтаж элементов может производиться с предварительной раскладкой или с транспортных средств.

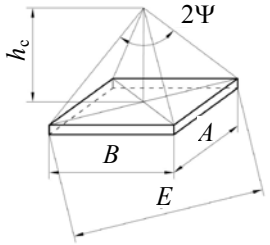


Рис. 26. Схема для определения высоты строповки

Для строповки элементов непроходного канала целесообразно использовать четырехветвевой строп, при этом высота строповки $h_с$ определяется согласно схеме на рис. 26. Наибольший угол между стропами 2Ψ рекомендуется принимать в пределах:

$$60^{o} \le 2\Psi \le 120^{o}, \tag{54}$$

а расстояние между грузозахватным (чалочным) крюком или карабином и кольцом или скобой, надеваемой на крюковую подвеску крана, $l_с$ должно быть в пределах пяти метров. Тогда с учетом (54) высота строповки $h_с$:

$$h_с \ge \frac{E}{2\mathrm{tg}\,\Psi}, \tag{55}$$

а длина канатов стропа:

$$l_с = \frac{h_с}{\cos\Psi}. \tag{56}$$

Для выбора монтажного крана (рис. 27) определяются необходимые высота подъема $H_п$, м, грузоподъемность Q, т, рабочий вылет $L_р$, м.

Наименьшая высота подъема складывается из высоты монтируемого элемента фундамента $h_э$, безопасной высоты перемещения груза $h_б$ и высоты строповки $h_с$:

$$H_п \ge h_э + h_б + h_с. \tag{57}$$

Безопасная высота перемещения определяется наибольшей высотой имеющегося в рабочей зоне препятствия $h_{пр}$:

$$h_б \ge h_{пр} + h_з. \tag{58}$$

Для автомобильных и стреловых самоходных кранов запас высоты $h_з$ рекомендуется принимать не менее 1 м; посадочная высота $h_п$ для монтажных кранов принимается равной 0,5 м.

При выборе грузоподъемной машины для монтажа сборных фундаментов в глубоких выемках следует также определять ее способность опускать элементы на заданную величину.

Для определения минимального вылета L необходимо учитывать технологическую схему работы.

Установка и работа машин вблизи выемок с неукрепленными откосами разрешается за пределами призмы обрушения грунта; ширина бермы $B_б$ регламентируется СНиП 12-03–2001; при глубине выемки до 7 м и грунтах естественного залегания следует принимать $B_б \ge 1$ м.

Для исключения возможности опрокидывания крана его рабочий вылет $L_р$, м, при выполнении монтажа «с колес» принимается с запасом на наводку:

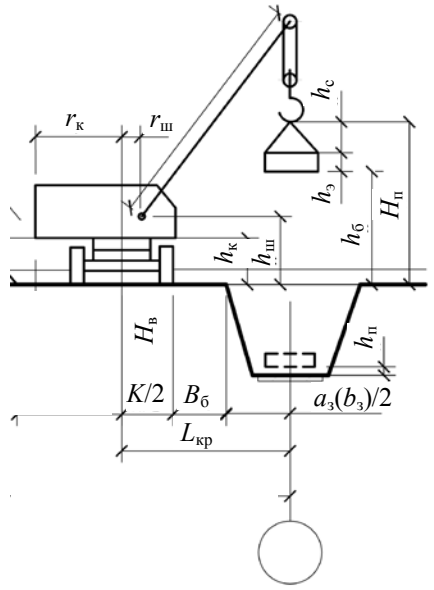


Рис. 27. Определение необходимых параметров монтажного крана

$$L_р \ge L + (1...1{,}5). \tag{59}$$

Глава 4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Земляные работы выполняются в соответствии с технической документацией. Различают три основных вида контроля: входной, текущий (операционный) и приемочный.

Входной контроль – контроль свойств грунта, поступающих материалов и изделий, конструкций, а также технической документации. Он выполняется преимущественно регистрационным методом по актам испытаний, сертификатам, накладным, проектам и т. п. При необходимости проводятся испытания и измерения.

Операционный (текущий) контроль выполняется в процессе производства работ или непосредственно после их завершения. Он выполняется преимущественно измерительным методом, техническим осмотром или визуально.

Результаты контроля фиксируются в общих или специальных журналах работ, журналах геотехнического контроля и других документах, предусмотренных системой управления качеством.

Особое внимание уделяется контролю качества выполнения скрытых работ, к которым, в частности, относятся:

- устройство искусственных оснований под фундаменты, включая дно котлованов;
- насыпные основания, грунтовые подушки;
- подстилающие слои грунта;
- выполнение работ при послойном уплотнении обратных засыпок.

Приемочный (сдаточный) контроль проводится по завершении объекта, этапа скрытых работ или других предусмотренных проектом объектов контроля. По его результатам принимается документированное решение о пригодности объекта контроля к эксплуатации или выполнению последующих работ. Если перерыв в производстве работ продолжается более одного месяца, предусматриваются мероприятия по консервации и расконсервации объекта.

Приемочный контроль одного и того же показателя может осуществляться на нескольких уровнях и разными методами (например, плотность грунта отдельных слоев). При этом результаты контроля

низшего уровня могут служить предметом контроля высшего уровня (например, акты освидетельствования скрытых работ представляются при приемке в целом). Результаты приемочного контроля фиксируются в актах освидетельствования скрытых работ, актах промежуточной приемки ответственных конструкций, актах испытания свойств грунта и актах, предусмотренных действующими нормативами по приемке строительных работ, зданий и сооружений.

В зависимости от охвата контролируемых параметров может предусматриваться:

- сплошной контроль, при котором проверяется все количество контролируемой продукции (все конструкции, вся поверхность основания и т. п.);
- выборочный контроль, при котором проверяется какая-то часть (выборка) контролируемой продукции. Объем выборки устанавливается строительными нормами и правилами, проектом или другим документом.

В зависимости от периодичности контроля применяются:

- непрерывный контроль, когда информация о контролируемом параметре технологического процесса фиксируется непрерывно;
- периодический контроль, когда информация о контролируемом параметре фиксируется через определенные промежутки времени;
- летучий контроль, выполняемый в случайное время (эпизодически), преимущественно при нецелесообразности применения сплошного, выборочного или периодического контроля (например, контроль плотности грунта при обратной засыпке).

В зависимости от применения специальных средств контроля различают:

- инструментальный контроль, выполняемый с применением средств измерений и лабораторного оборудования;
- визуальный контроль;
- технический осмотр;
- регистрационный контроль, выполняемый путем анализа данных, зафиксированных в документах (сертификатах, актах освидетельствования скрытых работ, общих или специальных журналах работ и т. п.). Применяется при недоступности объекта контроля или нецелесообразности выполнения измерительного или визуального контроля (например, вид грунта для насыпи при наличии материалов инженерно-геологических изысканий по карьеру).

При сдаче законченных объектов строительная организация (генеральный подрядчик) обязана передать заказчику всю техническую документацию, которая должна содержать:

- рабочие чертежи с внесенными в них изменениями (если они имели место) и документ по оформлению допущенных изменений;
- промежуточные акты на скрытые работы;
- чертежи земляных сооружений, выполненных по индивидуальным проектам в сложных условиях строительства;
- перечень недоделок, не препятствующих эксплуатации земляного сооружения, с указанием сроков их устранения (в соответствии с договором и контрактом между исполнителем и заказчиком);
- ведомость постоянных реперов, геодезических знаков и указателей разбивочной основы здания или сооружения.

Правильность устройства оснований, грунтовых подушек должна проверяться строительной организацией и заказчиком на основании геодезического контроля до засыпки выемок с составлением соответствующего акта.

Целью контроля является предупреждение брака и дефектов в процессе выполнения рабочих операций. При производстве земляных работ требуется систематическое наблюдение и проверка соответствия результатов проектной документации, соблюдения допусков в соответствии с требованиями строительных правил, технологических карт и требований к безопасности выполнения работ.

В зависимости от состава выполняемого процесса или операции контроль качества осуществляется непосредственно исполнителем, мастерами, прорабами или специальным представителем заказчика. Выявленные дефекты следует исправлять до начала выполнения следующих работ.

Контроль качества выполняется также при авторском надзоре и строительном контроле.

Авторский надзор осуществляется проектной организацией на основании договора и проводится как во время производства работ, так и, при необходимости, в период эксплуатации объекта строительства.

Как правило, выборочно контролируются соответствие выполняемых работ требованиям СП; качество и последовательность технологии производства работ; своевременность внесения изменений в рабочую документацию, связанных с выявленными отклонениями

от проекта (уточненные инженерно-геологические сведения, выявленные отклонения от проектной документации и т. п.). Ведется журнал авторского надзора за строительством, составляемый проектировщиком и передаваемый заказчику. Главная цель такого надзора – обеспечить надлежащее качество работ, от которых зависит прочность, надежность и срок службы объекта строительства.

Строительный контроль заказчика осуществляется совместно с авторским надзором, и его исполнители несут ответственность за надлежащее качество работ.

Представитель заказчика делает записи в журнал работ о проведенном контроле, наличии у исполнителя работ необходимой исполнительной документации, своевременном составлении актов входного и приемочного контроля и т. п. Рабочие чертежи без визы заказчика «к производству работ» считаются недействительными.

Государственный строительный надзор проверяет соответствие выполняемых работ требованиям проектной документации, технических регламентов и других нормативных документов. При производстве земляных работ службой госархстройнадзора проверяются подготовка земельного участка к выполнению земляных работ, конструкция подземной части и устройство фундамента, прокладка сетей инженерно-технического назначения.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

СП 45.13330.2012 «ЗЕМЛЯНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ». АКТУАЛИЗИРОВАННАЯ РЕДАКЦИЯ СНиП 3.02.01–87

4. НАСЫПИ И ОБРАТНЫЕ ЗАСЫПКИ

4.9. Засыпку траншей с уложенными трубопроводами в непросадочных грунтах следует производить в две стадии.

На первой стадии выполняется засыпка нижней зоны немерзлым грунтом, не содержащим твердых включений размером свыше 1/10 диаметра, асбоцементных, пластмассовых, керамических и железобетонных труб на высоту 0,5 м над верхом трубы, а для прочих труб – грунтом без включений свыше 1/4 их диаметра на высоту 0,2 м над верхом трубы с подбивкой пазух и равномерным послойным его уплотнением до проектной плотности с обеих сторон трубы. При засыпке не должна повреждаться изоляция труб.

На второй стадии выполняется засыпка верхней зоны траншеи грунтом, не содержащим твердых включений размером свыше диаметра трубы. При этом должна обеспечиваться сохранность трубопровода и плотность грунта, установленная проектом.

4.10. Засыпку траншей с непроходными подземными каналами в непросадочных грунтах следует производить в две стадии.

На первой стадии выполняется засыпка нижней зоны траншеи на высоту 0,2 м над верхом канала немерзлым грунтом, не содержащим твердых включений размером свыше 1/4 высоты канала, но не более 20 см, с послойным его уплотнением до проектной плотности с обеих сторон канала.

На второй стадии выполняется засыпка верхней зоны траншеи грунтом, не содержащим твердых включений размером свыше 1/2 высоты канала. При этом должна обеспечиваться сохранность канала и плотность грунта, установленная проектом.

4.15. Обратную засыпку (за исключением выполняемых в просадочных грунтах II типа) узких пазух, где невозможно обеспечить уплотнение грунта до требуемой плотности имеющимися средствами, следует выполнять только малосжимаемыми (модуль деформации 20 МПа и более) грунтами (щебнем, гравийно-галечниковыми и песчано-гравийными грунтами, песками крупными и средней крупности) или аналогичными промышленными отходами с проливкой водой, если в проекте не предусмотрено другое решение.

9. ОХРАНА ПРИРОДЫ

9.2. Плодородный слой почвы в основании насыпей и на площади, занимаемой различными выемками, до начала основных земляных работ должен быть снят в размерах, установленных проектом организации строительства, и перемещен в отвалы для последующего использования его при рекультивации или повышении плодородия малопродуктивных угодий.

Допускается не снимать плодородный слой:

- при толщине плодородного слоя менее 10 см;
- на болотах, заболоченных и обводненных участках;
- при разработке траншей шириной по верху 1 м и менее.

СНиП 12-03–2001 «БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ»

2. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ, УЧАСТКОВ РАБОТ И РАБОЧИХ МЕСТ

2.2. При организации строительной площадки, размещении участков работ, рабочих мест, проездов строительных машин и транспортных средств, проходов для людей следует установить опасные для людей зоны, в пределах которых постоянно действуют или потенциально могут действовать опасные производственные факторы.

Опасные зоны должны быть обозначены знаками безопасности и надписями установленной формы.

2.7. Границы опасных зон, в пределах которых возможно возникновение опасности в связи с падением предметов, устанавливаются согласно табл. 1.

Таблица 1

Высота возможного падения груза (предмета), м	Минимальное расстояние отлета груза (предмета), м	
	перемещаемого краном	падающего со здания
До 10	4	3,5
≥20	7	5
≥70	10	7
≥120	15	10
≥200	20	15
≥300	25	20
≥450	30	25

Примечание. При промежуточных значениях высоты возможного падения груза (предмета) минимальное расстояние их отлета допускается определять методом интерполяции.

2.10. Границы опасных зон вблизи движущихся частей рабочих органов машин определяются расстоянием в пределах 5 м, если другие повышенные требования отсутствуют в паспорте или инструкции завода-изготовителя.

3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

3.8. Перемещение, установка и работа машин вблизи выемок (котлованов, траншей, канав и т. п.) с неукрепленными откосами разрешается только за пределами призмы обрушения грунта на расстоянии, установленном проектом производства работ.

При отсутствии соответствующих указаний в проекте производства работ допустимое расстояние по горизонтали от основания откоса выемки до ближайших опор машин следует принимать по табл. 3.

Таблица 3

Глубина выемки, м	Грунт ненасыпной			
	песчаный	супесчаный	суглинистый	глинистый
	Расстояние по горизонтали от основания откоса выемки до ближайшей опоры машины, м			
1,0	1,5	1,25	1,00	1,00
2,0	3,0	2,40	2,00	1,50
3,0	4,0	3,60	3,25	1,75
4,0	5,0	4,40	4,00	3,00
5,0	6,0	5,30	4,75	3,50

9. ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

9.6. Грунт, извлеченный из котлована или траншеи, следует размещать на расстоянии не менее 0,5 м от бровки выемки.

9.9. Рытье котлованов и траншей с вертикальными стенками без креплений в нескальных и незамерзших грунтах выше уровня грунтовых вод и при отсутствии вблизи подземных сооружений допускается на глубину не более:

1 м – в насыпных, песчаных и крупнообломочных грунтах;

1,25 м – в супесях;

1,5 м – в суглинках и глинах.

9.10. Рытье котлованов и траншей с откосами без креплений в нескальных грунтах выше уровня грунтовых вод (с учетом капиллярного поднятия) или в грунтах, осушенных с помощью искусственного водопонижения, допускается при глубине выемки и крутизне откосов согласно табл. 4.

Таблица 4

Виды грунтов	Крутизна откоса (отношение его высоты к заложению) при глубине выемки, м, не более		
	1,5	3	5
Насыпные неуплотненные	1:0,67	1:1	1:1,25
Песчаные и гравийные	1:0,5	1:1	1:1
Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
Глина	1:0	1:0,25	1:0,5
Лессы и лессовидные	1:0	1:0,5	1:0,5

СНиП III-8–76 «ПРАВИЛА ПРОИЗВОДСТВА И ПРИЕМКИ РАБОТ»

ЗЕМЛЯНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

2. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

ЗЕМЛЕВОЗНЫЕ ДОРОГИ

2.26. Временные землевозные дороги следует устраивать для двустороннего движения. Устройство однополосных дорог допускается только при кольцевом движении.

2.27. Ширина проезжей части землевозной дороги при движении по ней автомобилей-самосвалов грузоподъемностью до 12 т должна быть при двустороннем движении 7 м, а при одностороннем – 3,5 м.

При грузоподъемности автомобилей-самосвалов более 12 т ширину проезжей части назначать по расчету, выполненному при разработке проекта организации строительства.

2.28. Ширина каждой обочины должна быть не менее 1 м. В стесненных условиях и на въездах и съездах указанная ширина может быть уменьшена до 0,5 м.

В забоях, на отвалах и дорогах без покрытий обочины не устраиваются.

Ширина обочин временных дорог, устраиваемых по косогорам или откосам возводимых насыпей, а также на откосах кавальеров и выемок, должна составлять с нагорной стороны 0,5 м, а с подгорной – 1 м.

При установке на обочине надолбов или парапетов ширина обочин должна быть не менее 1,5 м.

2.29. Наименьшие радиусы горизонтальных кривых временных автомобильных землевозных дорог следует принимать в зависимости от интенсивности и скорости движения автомашин по табл. 2.

Таблица 2

Интенсивность движения, авт./сут	Категория дорог	Расчетные скорости, км/ч			Наименьшие радиусы горизонтальных кривых, м		
		Основные	Допускаемые на		Основные	Допускаемые на	
			пересеченной местности	горной местности		пересеченной местности	горной местности
От 200 до 1000	IV	80	60	40	250	125	60
Менее 200	V	60	40	30	125	60	30

В стесненных условиях минимальный радиус горизонтальной кривой при движении двухосных автомобилей грузоподъемностью до 30 т может приниматься равным 15 м, а для двухосных автомобилей грузоподъемностью более 30 т и трехосных автомобилей – 20 м.

Примечание. В пределах рабочей зоны – в забоях, на отвалах и насыпях – радиусы горизонтальных кривых могут быть уменьшены до величины конструктивного радиуса поворота расчетного автомобиля применяемой марки.

3. ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ. ТРАНШЕИ И КОТЛОВАНЫ

3.12. Наименьшая ширина траншеи по дну котлована для укладки трубопроводов должна назначаться по табл. 8.

3.15. Ширина по дну котлованов и траншей для ленточных и отдельно стоящих фундаментов должна назначаться с учетом ширины конструкции фундаментов, гидроизоляции, опалубки и крепления с добавлением 0,2 м.

При необходимости спуска людей в котлован наименьшая ширина между боковой поверхностью конструкции и креплением должна составлять не менее 0,7 м.

Для котлована с откосами расстояние между подошвой откоса и сооружением должно составлять 0,3 м.

3.17. Наименьшая ширина траншей по дну при разработке грунта землеройными машинами цикличного действия должна соответствовать ширине режущей кромки рабочего органа машины с добавлением в песчаных грунтах и супесях 0,15 м, в глинах и суглинках 0,1 м.

3.32. В нескальных грунтах котлованы и траншеи под фундаменты, а также каналы и иные подземные сооружения, разрабатываемые одноковшовыми экскаваторами, следует устраивать без нарушения естественной структуры грунта в основании с недобором, не превышающим величин, приведенных в табл. 11.

При выполнении земляных работ многоковшовыми экскаваторами и скреперами недобор при доработке выемок не должен превышать 5 см, а бульдозерами – 10 см.

Таблица 8

Способ укладки трубопроводов	Наименьшая ширина траншей с вертикальными стенками по дну, м, без учета креплений		
	стальных и пластмассовых	раструбных чугунных, бетонных, железобетонных и асбестоцементных	бетонных, железобетонных на муфтах и фальцах и керамических
1. Плетями или отдельными секциями при наружном диаметре D труб, м:			
до 0,7 (вкл.)	D + 0,3, но не менее 0,7		
более 0,7	1,5D		
2. Отдельными трубами при наружном диаметре D, м:			
до 0,5	D + 0,5	D + 0,6	D + 0,8
от 0,5 до 1,6	D + 0,8	D + 1	D + 1,2
от 1,6 до 3,5 (общих и водосточных коллекторов)	D + 1,4	D + 1,4	D + 1,4

Примечание Ширина по дну траншей, разрабатываемых с откосами в грунтах, расположенных выше уровня грунтовых вод, должна быть (независимо от диаметра труб) не менее D + 0,5 при укладке трубопроводов из отдельных труб и D + 0,3 при укладке из плетей.

Таблица 11

Рабочее оборудование экскаватора	Допустимые недоборы грунта в основаниях, см, при работе одноковшовыми экскаваторами емкостью ковша, м^3				
	0,25–0,4	0,5–0,65	0,8–1,25	1,5–2,5	3–5
Лопата:					
прямая	5	10	10	15	20
обратная	10	15	20	–	–
Драглайн	15	20	25	30	30

Примечание. Недоборы должны быть ликвидированы в соответствии с п. 3.33.

3.33. Разработку недоборов грунта, как правило, необходимо производить механизированным способом. При зачистке недоборов дна котлованов бульдозерами, экскаваторами со специальными зачистными ковшами или другими планировочными машинами остающийся недобор до проектной отметки не должен превышать 5–7 см, который в местах установки фундаментов дорабатывается вручную.

3.66. Кавальеры должны отсыпаться с разрывами в пониженных местах, но не реже чем через каждые 50 м. Ширина разрывов по низу должна быть не менее 3 м.

3.71. При глубине резерва или выемки до 1 м устройство выездов необязательно, расстояние между въездами при глубине карьеров, резервов или выемок до 2–5 м следует назначать соответственно 50 и 100 м.

10. УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ

10.2. Уплотнение грунта следует производить при оптимальной влажности.

Допускаются отклонения от оптимальной влажности: для связных грунтов ±10 %; для несвязных грунтов ±20 %.

10.3. При недостаточной влажности связные грунты следует увлажнять. При избыточной влажности грунта следует производить его подсушивание.

10.5. Для уплотнения связанных грунтов следует применять катки на пневматических шинах, кулачковые и решетчатые, трамбующие и вибротрамбующие машины.

Для уплотнения несвязных грунтов следует использовать вибрационные и вибротрамбующие машины и катки на пневматических шинах.

10.6. Уплотнение грунта должно производиться проходками уплотняющих машин вдоль насыпи со смещением.

Приложение 2

2. СВЕДЕНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА МАШИН

2.1. Выбор землеройных машин

Таблица 2.1.1

Наименьшая высота (глубина) забоя, обеспечивающая заполнение ковша экскаватора

Рабочее оборудование	Группа грунта	Вместимость ковша экскаватора, м^3 (вкл.)						
		До 0,25	До 0,5	До 0,8	До 1,0	До 1,5	До 2,0	До 3,2
Обратная лопата	I, II	1,0	1,5	1,8	2,2	2,8	3,2	4,0
	III	1,5	1,8	2,0	2,5	3,0	4,5	5,0
Прямая лопата	I, II	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	2,5	2,5
	III	2,5	2,5	3,0	3,5	4,5	4,0	4,0
	IV	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0	6,0

Таблица 2.1.2

Наибольшие значения коэффициента наполнения ковша экскаватора

Влажность	Вид грунта			
	Песок	Супесь	Суглинок	Глина
Сухой	0,9–0,95 0,8–0,85	0,95–1,05 0,85–0,95	1,05–1,1 0,9–0,95	1,05–1,15 0,9–1,00
Влажный	1,05–1,15 0,95–1,00	1,05–1,15 0,95–1,05	1,15–1,2 0,95–1,1	1,1–1,25 1,0–1,15
Мокрый	0,85–0,9 0,85	0,9–0,95 0,85	0,9–1,05 0,8–0,95	0,85–1,0

Примечание. В числителе – для рабочего оборудования «обратная лопата»; в знаменателе – для «драглайна».

Таблица 2.1.3

Рекомендации по величине шага перемещения экскаваторов в забое, м

Рабочее оборудование	Вместимость ковша, м^3						
	До 0,25	До 0,5	До 0,8	До 1,0	До 1,5	До 2,0	До 3,2
Обратная лопата	1,1	1,3	1,4	1,55	1,75	2,0	2,3
Прямая лопата	1,0	1,1	1,3	1,5	1,75	2,0	2,3
Драглайн		2,0	2,5	3,0	4,5	6,5	6,0

Таблица 2.1.4

Значения коэффициента К°, учитывающего угол поворота экскаватора на разгрузку

Рабочее оборудование	Угол поворота, град.											
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	135
Обратная лопата	–	–	1,35	1,3	1,25	1,2	1,1	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8
			1,3	1,25	1,2	1,1	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75
Драглайн	–	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75
	1,35	1,25	1,2	1,15	1,1	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	–

Таблица 2.1.5

Удельное сопротивление грунта копанию одноковшовым экскаватором

Группа трудности разработки	I	II	III	IV
$K_{уд}$, МПа	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,6
	0,17	0,26	0,355	0,48

Примечание. В числителе – диапазон удельного сопротивления; в знаменателе – среднестатистическое значение.

Таблица 2.1.6

Расчетные скорости движения автосамосвалов при транспортировке грунта

Расстояние транспортировки, км	Скорость движения, км/ч, при грузоподъемности		
	До 5 т	5–8 т	Свыше 8 т
	Дороги с бетонным и асфальтовым покрытием		
До 1	20	18	17
1–5	24	22	20
Свыше 5	30	28	26
	Усовершенствованные щебеночные и булыжные дороги		
До 1	18	17	15
1–5	22	20	18
Свыше 5	24	21	19
	Грунтовые дороги		
До 1	16	14	12
1–5	20	18	15
Свыше 5	22	18	16
	Движение по стройплощадке		
	5	5	5

Таблица 2.1.7

Техническая характеристика самосвалов

Показатель	Марка автосамосвала												
	ГАЗ 93А	ЗИЛ-ММЗ 555	МАЗ 205	МАЗ 503Б	КамАЗ 5511	КамАЗ 55111	КамАЗ 65115	КрАЗ 65055	КрАЗ 65034	МАЗ 525	БелАЗ 540А	КрАЗ 6130
Грузоподъемность, т	2,25	5,25	6,0	7,0	10,0	12,0	15,0	16,0	18,0	25,0	27,0	25,0
Габаритные размеры, м:												
длина	5,24	5,55	6,065	5,92	7,14	6,68	6,71	8,29	8,29	8,22	7,18	8,42
ширина	2,10	2,40	2,64	2,60	2,50	2,50	2,50	2,5	2,5	3,22	3,49	2,5
высота	2,13	2,315	2,43	2,55	2,70	2,74	2,79	2,76	3,0	3,675	3,375	3,72
Вместимость кузова, $м^3$	1,65	3,1	3,6	5,0	5,0	6,6	8,5	9,0	12,0	14,3	15,3	18,0
Радиус поворота, м	8,1	7,8	7,2	7,0	7,5	9,0	9,0	11,0	13,0	12,0	13,8	13,2
Погрузочная высота, м	1,58	2,0	1,915	2,15	2,026	2,20	2,45	2,27	2,69	3,1	3,305	3,60
Продолжительность разгрузки с маневрированием $t_{р.м}$, мин	0,8	1,2	1,8	1,8	1,8	2,0	2,1	2,7	2,0	2,0	2,0	2,2
Время установки под погрузку $t_{пм}$, мин	0,2	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4	0,45	0,45	0,5	0,5	0,6	0,5

Таблица 2.1.8

Технические характеристики экскаваторов с гидравлическим приводом

Показатель	ЭО-2621В	ЭО-3122	ЭО-3221	ЭО-3322	ЭО-4321А	ЭО-4121Б, ЭО-4124	ЭО-5122, ЭО-5123	ЭО-6121А
Ходовое устройство	Пневмо-колесный трактор	Гусеничное	Гусеничное повышенной проходимости	Пневмо-колесное	Пневмо-колесное	Гусеничное	Гусеничное	Гусеничное
Радиус задней части поворотной платформы r, м	–	2,45	3,08	2,81	2,78	3,15	3,25	3,72
Расстояние от оси пяты стрелы до оси вращения r, м	–	0,36	0,36	0,45	0,1	0,52	0,645	0,77
Ширина поворота платформы $B_п$, м	2,00	2,49	2,5	2,64	2,7	3,00	3,00	3,18
Высота оси пяты стрелы h, м	1,3	1,71	1,71	1,7	2,225	2,05	2,0	2,43
Высота по кабине H, м	2,46	3,11	3,11	3,1	3,3	3,05	2,95	3,62
База Б, м	2,45	2,85	3,7	2,8	2,8	2,9	3,12	3,61
Колея К, м	1,46/1,55	2,15	2,36	2,1	2,2	2,35	2,5	2,9
Ширина гусеничной ленты B, м	–	0,5	0,84; 1,0	–	–	0,6; 0,75; 0,9	0,65	0,7
Обозначение шин	6,5–20	–	–	370–508	1300× ×530–533	–	–	–

Таблица 2.1.9

Параметры гидравлических экскаваторов при работе «обратной лопатой»

Показатель	ЭО-2621В	ЭО-3122					ЭО-3221				ЭО-3322Д		ЭО-3322В	ЭО-3323		
		Рукоять, м					Рукоять, м			Удлиненная стрела				Рукоять, м		
		основная			удлиненная		1,9		3					основная		удлиненная
Вместимость ковша, м^3	0,25	0,63	0,8	0,5	0,4	0,5	0,63	0,8	0,4	0,4	0,5	0,63	0,4	0,63	0,8	0,5
Группа разрабатываемого грунта	I–III	I–II		I–IV		I–III	I–IV	I–II	I–IV	I–II	I–IV				I–II	I–IV
Глубина копания $H_к$, м	3	4,8		4,7	5,2		4,8		5,8	8,4	4,3		5	4,5		5,4
Высота выгрузки $h_в$, м	2,2	4,5	4,6		4,8		5,0		5,5	7,2	4,8		5,2	4,7		5,9
Радиус копания $R_к$, м	5	7,8		7,6	8,2		7,9		8,8	11,6	7,6		8,2	7,7		9,5
Усилие на зубьях ковша, кН	26	98		104	100		98		90					97		90
Продолжительность рабочего цикла, с	18	16,3		15,9			16,7		16	17,2	16			16,5		18

Окончание табл. 2.1.9

Показатель	ЭО-4321А					ЭО-4121Б, ЭО-4124				ЭО-5123		ЭО-5124						ЭО-6121А	
	Стрела, м					Стрела, м				Рукоять, м		Стрела, м							
	6				4,9	нормальная		удлиненная		нормальная		удлиненная	моноблочная		составная		удлиненная	моноблочная	
	Рукоять, м					Рукоять, м													
	3,1	2,4		1,8		норм.	удл.	норм.	удл.										
Вместимость ковша, м^3	0,5	0,63	1,0	0,8	1,0	0,65; 1,0; 1,25				1,25 (1,6)	2,0	1,25	1,85	2,5	1,6	2,0	1,25	1,6	2,5
Группа разрабатываемого грунта	I–IV		I–II	I–IV	I–II	I–II** I–IV				I–IV (I–III)	I–II	I–IV		I–II	I–III	I–II	I–III	I–IV	I–III
Глубина копания* H, м	6,7	6,0	5,6	5,5	4,6	5,7	7,1	6,0	7,5	6,2	6,9	7,7	6,5		7,8		8,1	7,2	
Высота выгрузки* $h_в$, м	5,9	5,3	5,9	5,5	4,7	5,0	5,2	5,0	5,6	5,3	5,5	5,7	5,5		6,4		6,9	7,2	
Радиус копания* $R_к$, м	10,6	9,2	8,9	8,7	7,3	9,1	10,2	9,4	10,8	9,7	10,4	11,2	10,0		11,4		11,0	11,5	
Усилия на зубьях ковша, кН	100	127	129		108	140				185			210		200			240	
Продолжительность цикла, с	22				24	19				25	26	27	25		26		27	26	

* Максимальное значение.

** При емкости ковша 1,25 м^3.

Таблица 2.1.10

Параметры гидравлических экскаваторов при работе «прямой лопатой»

Показатель	ЭО-3122		ЭО-3322		ЭО-4321А	ЭО-4121Б ЭО-4124		ЭО-5122А ЭО-5123		ЭО-6121А	
Вместимость ковша, м^3	0,63	1,2	0,63	1,2	1,0	1,0	1,45	2	1,6	2,5	3,2
Группа разрабатываемого грунта	I–IV	I–II	I–IV	I–II	I–VI	I–VI	I–II	I–III	I–IV	I–IV	I–III
Наибольший радиус копания $R_к$, м	6,8	6,6	6,8	6,9	8	7,1	7,15	8,9	8,9	10,2	10,3
Высота выгрузки* $h_в$, м	4,1	4,0	4,2	4,2	4,4	5,0	4,4	5,1	5,1	5,3	5,3
Радиус копания* $R_к$, м	4,6	5,3	4,2	4,2	6	4,3	4,75	5,0	5,1	6,2	6,4
Высота копания* $H_к$, м	7,3	7,4	7,6	7,8	7,4	7,2	7,4	9,7	9,6	10,7	10,9
Усилие на режущем контуре ковша, кН	97	93	97	93	130	92	140	180	180	235	235
Продолжительность рабочего цикла, с	16	18	15,9	18	17	16	17	20	20	23	23

* Максимальное значение.

** При наибольшей высоте выгрузки.

Таблица 2.1.11

Технические характеристики экскаваторов с механическим приводом

Показатель	ЭО-3311	ЭО-4112	ЭО-5111Б	ЭО-5115	ЭО-2503В
Ходовое устройство	Пневмоколесное	Гусеничное	Гусеничное	Гусеничное	Гусеничное
Радиус задней части поворотной платформы $r_ш$, м	2,91	3,28	3,80	3,88	5
Расстояние от оси пяты стрелы до оси вращения $r_ш$, м	0,7	1,0	1,15	1,15	1,6
Высота оси пяты стрелы $h_ш$, м	1,36	1,5	1,6	1,6	2,07
Ширина поворотной платформы $B_п$, м	2,5	2,8	2,95	3,1	4,3
Высота по кабине H, м	2,9	3,3	3,3	3,4	4,5
База Б, м	2,8	3,82	3,85	3,98	5,18
Колея К, м	2,04/1,95*	2,96	3,0	2,4	3,2
Ширина гусеничной ленты B, м	–	0,6	0,6	1,0	0,9
Обозначение шин	320–508 (12,0–20)	–	–	–	–

* В числителе – для передних; в знаменателе – для задних колес.

Таблица 2.1.12

Технические характеристики экскаваторов с механическим приводом, оборудование «драглайн»

Показатель	Э-3311		ЭО-4112					ЭО-5111Б				ЭО-5112				Э-2503В			
Вместимость ковша, м^3	0,5		0,65		0,8	1,0	0,8	1,0				1,2				1,5		3,0	
Группа разрабатываемого грунта	I–III		I–IV		I–III	I–II	I–II	I–III		I–II		I–III				I–III		I–II	
Длина стрелы $l_с$, м	10,5		10		13,7		15	12,5		15		12,5		15		25		17,5	
Угол наклона стрелы, град.	30	45	30	45	30	45	45	45	60	45	60	30	45	30	45	30	45	30	45
Высота выгрузки*, м	6,3		3,5	5,5	5,3	8	8,8	3,5	6,1	5,2	8,3	4,1	6,6	5,3	8,4	10,3	15,9	6,9	10,5
Глубина копания*, м	7,6	6,1	7,3	5,6	10	7,8	6,2	8,4	7,4	12	9,2	9,4	7,4	10	9,2	20,5	16,6	13	10,2
Радиус копания* $R_к$, м	12	10,2	11,1	10,2	14,3	13,2	15,3	12,5	10,8	15	13,5	13,5	12	16	14	27,4	24,3	19,3	17,5
Радиус выгрузки* $R_в$, м	10	8,3	10	8,3	12,5	10,4	11,8	12,2	10,2	14,4	12	12,2	10,2	14,4	12	23,8	19,3	16,8	14
Продолжительность рабочего цикла**, с	19	18	19	20	21		22	22		24		21		24		40		32	
Усилие на режущем контуре, кН	60		85		82		80	155		145		165		155		170		190	

* Максимальное значение.

** При угле поворота в забое $2\gamma_0 < 80°$ и угле поворота $\gamma < 135°$, работа навымет.

Таблица 2.1.13

Технические характеристики скреперов

Показатель	Единица измерения	Марка скрепера			
		прицепного		самоходного	
		ДЗ-26 (Д-523), ДС-77С	ДЗ-23 (Д-537М)	ДЗ-32 (Д-567)	ДЗ-13 (Д-392)
Вместимость ковша	$м^3$	10	15	10	15
Ширина захвата	м	2,8	2,9	2,9	2,93
Глубина резания	м	0,3	0,35	0,3	0,35
Толщина отсыпаемого слоя	м	0,5	0,55	0,45	0,5
Мощность	кВт (л. с.)	132 (180)	221 (300)	177 (240)	265 (360)
Масса скрепера	т	9,2	16	20	34

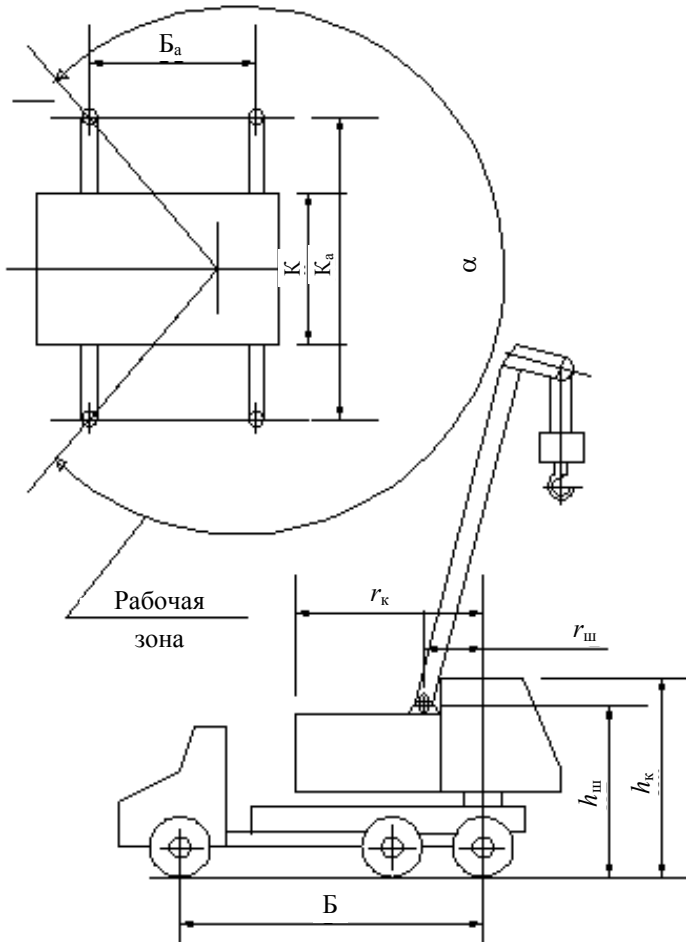
Таблица 2.1.14

Технические характеристики бульдозеров

Показатель	Марка бульдозера				
	ДЗ-19 (Д-494А)	ДЗ-18 (Д-493А)	ДЗ-28 (Д-533)	ДЗ-9 (Д-275А)	ДЗ-25
Тип отвала	Неповоротный	Поворотный	Поворотный	Неповоротный	Поворотный
Длина отвала, м	3,03	3,97	3,94	3,35	4,43
Высота отвала, м	1,3	1	1	1,1	1,2
Управление	Гидравлическое				
Мощность, кВт (л. с.)	79 (108)		118 (160)	132 (180)	
Марка трактора	Т-100		Т-130	Т-180	
Масса бульдозерного оборудования, т	1,53	1,86	2,85	2,56	2,85

2.2. Выбор автомобильного крана

2.2.1. Схема крана на шасси автомобиля



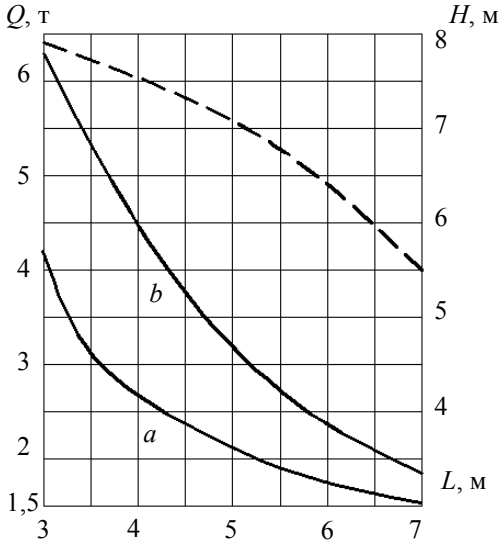
2.2.2. Технические характеристики автокранов

Показатель	КС-2561	КС-3577	КС-4562	КС-59712	Скат-32	Скат-25
Базовый автомобиль	ЗИЛ 130	МАЗ 5337	КамАЗ 53229	МАЗ 630303	БАЗ 69098	БАЗ 807
Радиус задней части поворотной платформы $r_к$, м	2,45	2,8	2,9	2,9	3,4	2,8
Расстояние от оси вращения до оси шарнира стрелы $r_ш$, м	0,4	2,0	1,8	1,25	1,4	1,3
Высота шарнира стрелы $h_ш$, м	1,9	2,7	2,15	2,63	2,75	2,5
Длина опорного контура, м						
Без аутригеров, Б	3,62	4,2	4,75	5,0	6,28	6,1
На аутригерах, Б$_а$	3,6	4,25	4,35	4,62	5,41	5,2
Ширина опорного контура, м						
Без аутригеров, К, м	2,32	2,5	2,55	2,62	2,64	1,97
На аутригерах, К$_а$, м	3,6	4,9	4,65	4,58	6,0	5,9
Высота по кабине машиниста $h_к$, м	3,15	3,54	3,6	3,7	3,75	3,75
Рабочая зона α, град.						
Без аутригеров	180	180	180	180	180	180
На аутригерах	230	240	270	270	270	230

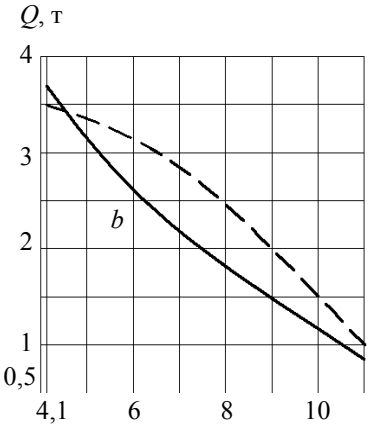
2.2.3. Диаграммы грузоподъемности автомобильных кранов

КС-2561Д

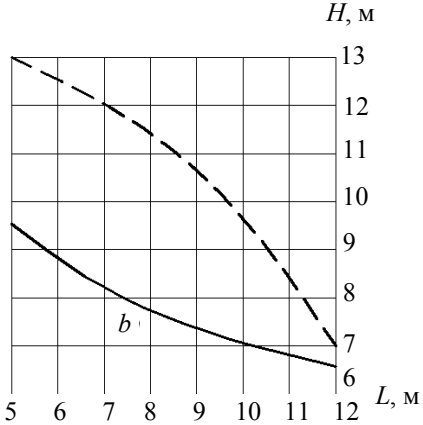
Стрела 8 м



Стрела 12 м;
основной подъем (ОП)



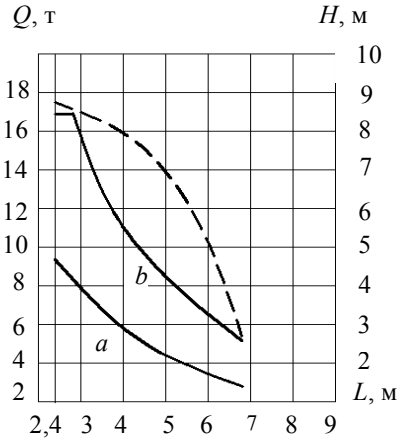
Стрела 12 м; гусек 1,5 м;
вспомогательный подъем (ВП)



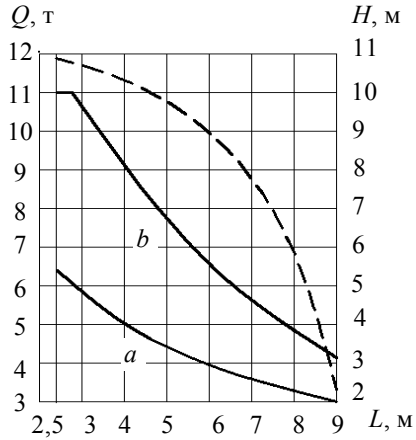
Обозначения: *a* – без выносных опор; *b* – на выносных опорах.

КС-3577

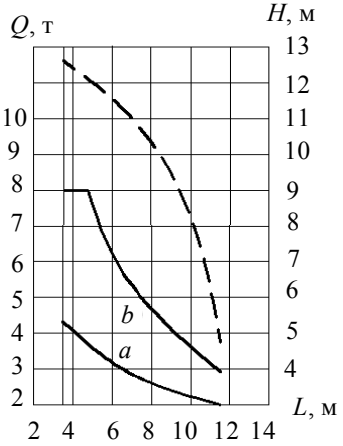
Стрела 8 м



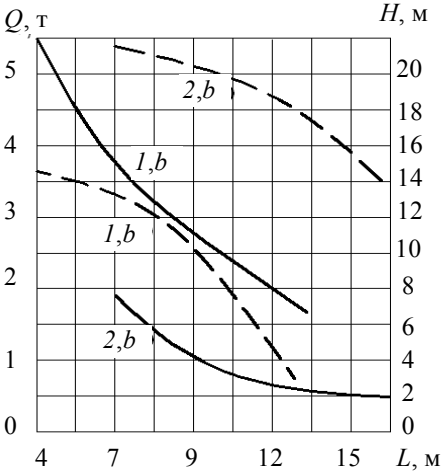
Стрела 10 м



Стрела 12 м



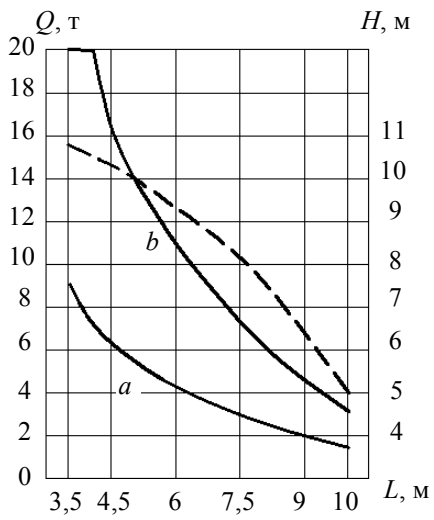
Стрела 14 м; гусек 7 м



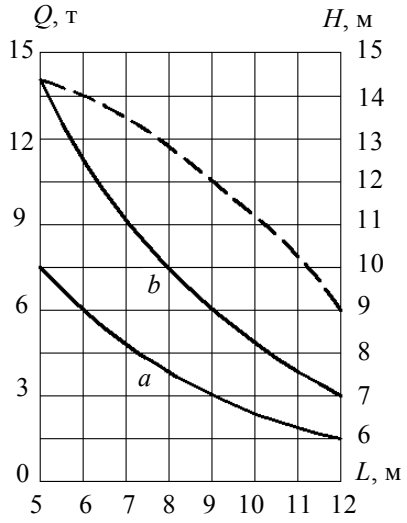
Обозначения: *a* – без выносных опор; *b* – на выносных опорах; *1*, *b* – ОП; *2*, *b* – ВП.

КС-4562

Стрела 10 м



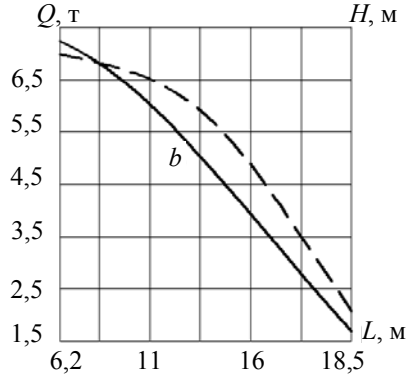
Стрела 14 м

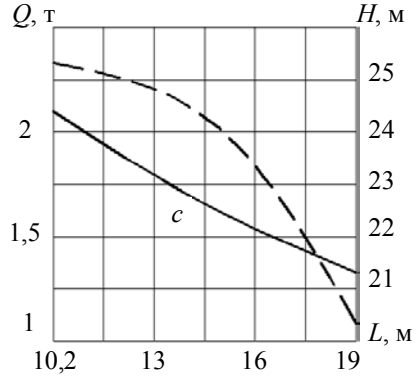


Обозначения: *a* – без выносных опор; *b* – на выносных опорах.

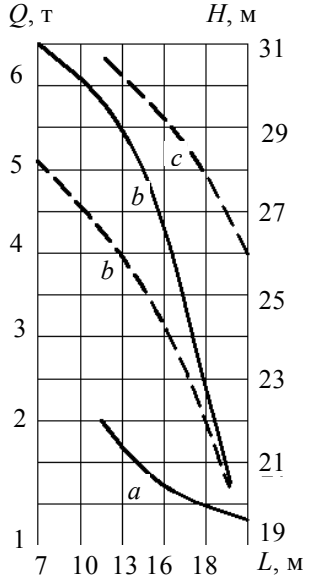
КС-4562

Стрела 22 м; гусек 7 м

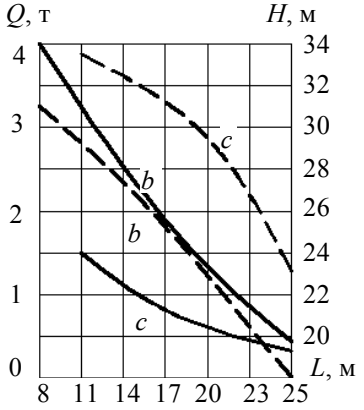




Стрела 26 м; гусек 7 м



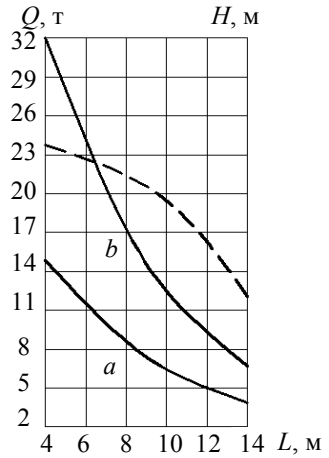
Стрела 30 м; гусек 7 м



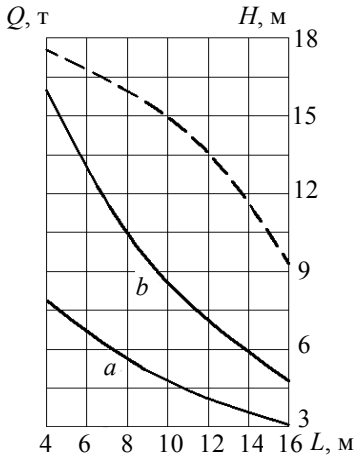
Обозначения: *a* – на выносных опорах; *b* – основной подъем; *c* – вспомогательный подъем.

КС-59712

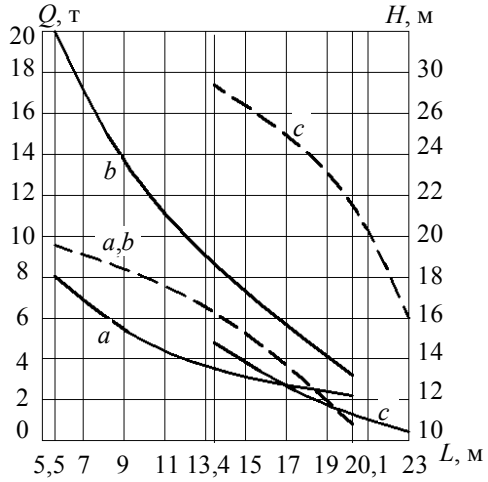
Стрела 15 м



Стрела 17,5 м



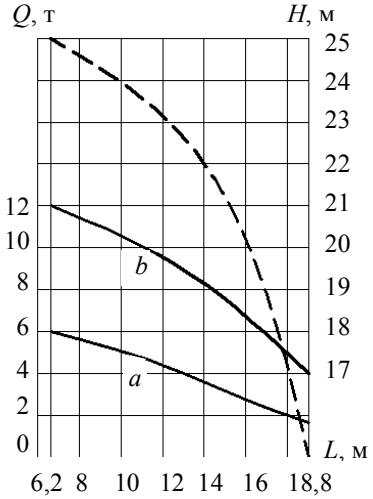
Стрела 22,5 м; гусек 10 м



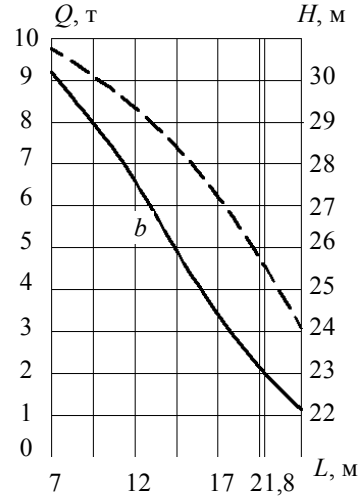
Обозначения: *a* – без выносных опор, ОП; на выносных опорах: *b* – ОП; *c* – ВП.

КС-59712

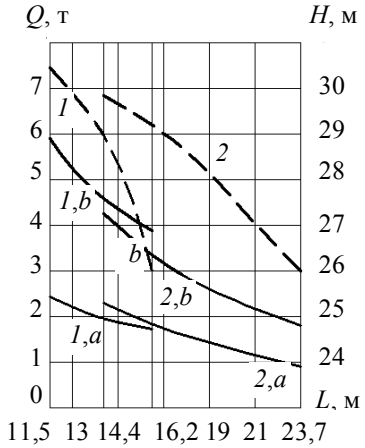
Стрела 27,5 м; ОП



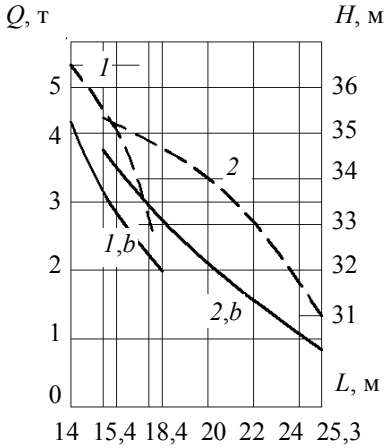
Стрела 32,5 м; ОП



Стрела 27,5 м; гусек 10 м; ВП



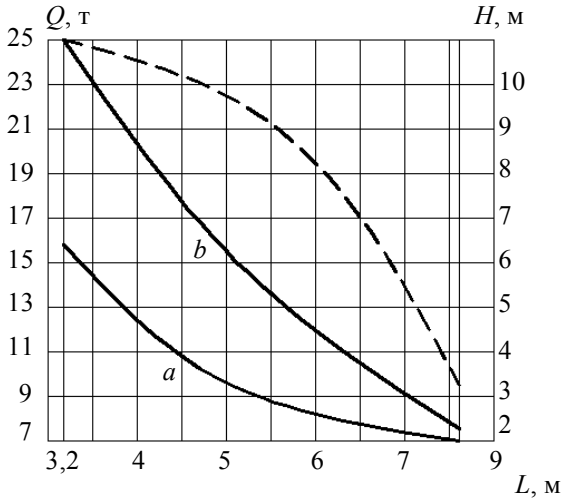
Стрела 32,5 м; гусек 10 м; ВП



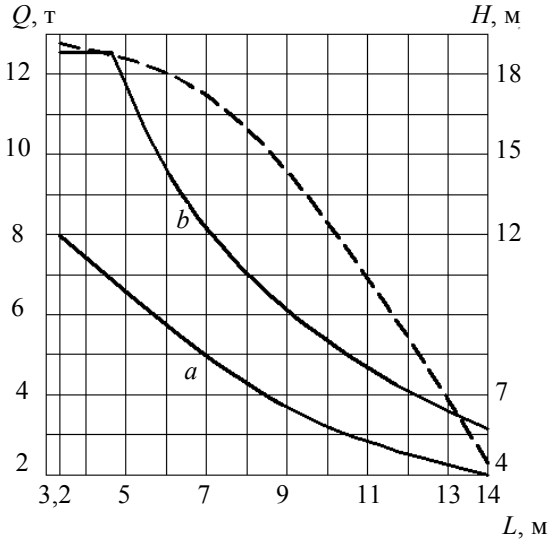
Обозначения: *1* – управляемый гусек; *2* – неуправляемый гусек; *a* – без выносных опор; *b* – на выносных опорах.

СКАТ-25

Стрела 10,2 м; ОП



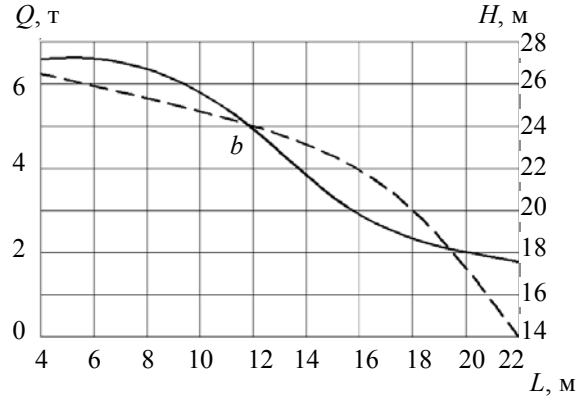
Стрела 18,2 м; ОП



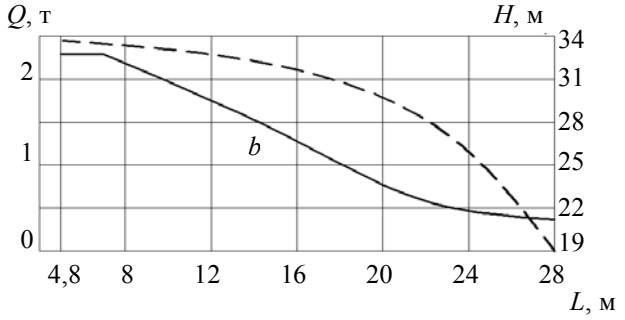
Обозначения: *a* – без выносных опор; *b* – на выносных опорах.

СКАТ-25

Стрела 26,2 м; ОП



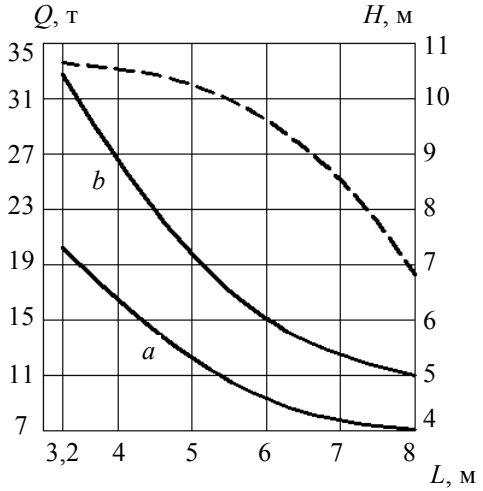
Стрела 26,2 м; гусек 7,5 м; ВП



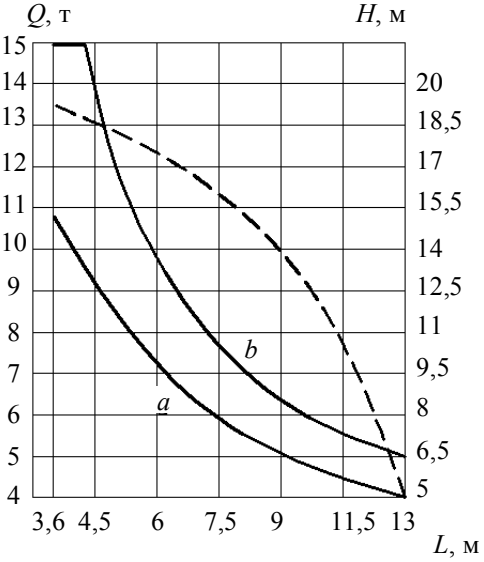
Обозначения: *b* – на выносных опорах.

СКАТ-32

Стрела 10,2 м; ОП



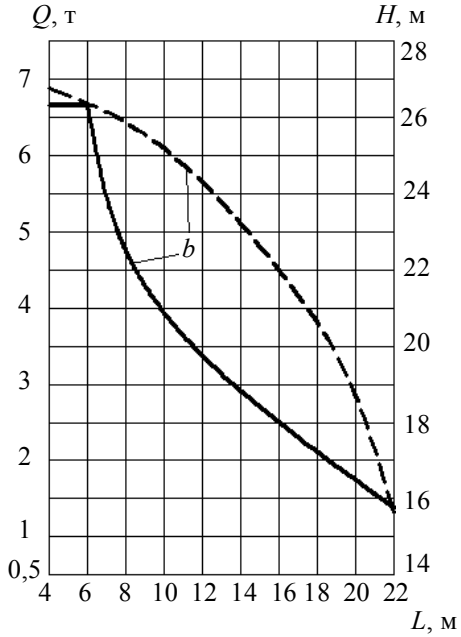
Стрела 18,2 м; ОП



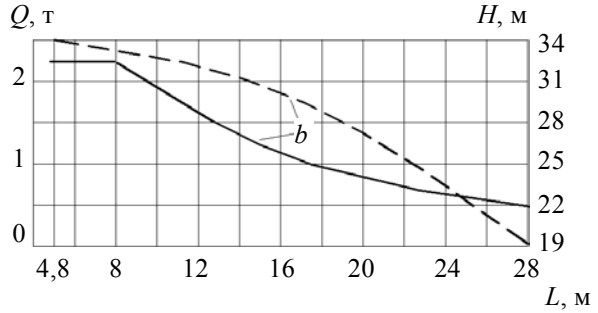
Обозначения: *a* – без выносных опор; *b* – на выносных опорах.

СКАТ-32

Стрела 26,2 м; ОП



Стрела 26,2 м; гусек 7,5 м; ВП



Обозначения: *b* – на выносных опорах.

Приложение 3

Сведения из ЕНиР

Сборник Е2–1

3.1. §Е2–1. Земляные работы. Механизированные и ручные земляные работы

Вводная часть

4. Нормами и расценками предусмотрены грунты естественной влажности, т. е. не находящиеся во время разработки под непосредственным воздействием грунтовых, проточных или дождевых вод.

7. Нормы настоящего сборника исчислены на единицу объема работ по обмеру в состоянии естественной плотности (кроме особо оговоренных случаев).

8. Толщина слоев уплотнения и глубина слоев рыхления и разработки грунтов приведены в параграфах по обмеру в естественном залегании.

13. В таблицах норм на работу с применением машин кроме $Н_{вр}$ рабочих в чел.-ч в скобках указаны $Н_{вр}$ на работу машин в маш.-ч.

Глава 1. МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

Техническая часть

Таблица 1

Показатели разрыхления грунтов

Наименование грунта	Первоначальное увеличение объема грунта после разработки, %	Остаточное разрыхление грунта, %
Глина ломовая	28–32	6–9
Глина мягкая жирная	24–30	4–7
Растительный грунт	20–25	3–4
Песок	10–15	2–5
Суглинок легкий и лессовидный	18–24	3–6
Суглинок тяжелый	24–30	5–8
Супесь	12–17	3–5

Таблица 2

Распределение немерзлых грунтов на группы в зависимости от трудности их разработки механизированным способом

Наименование и характеристика грунта	Средняя плотность в естественном залегании, кг/м^3	Разработка грунта			
		одноковшовыми экскаваторами	скреперами	бульдозерами	вручную
1. Глина:					
жирная мягкая и мягкая без примесей	1800	II	II	II	II
жирная мягкая с примесью щебня, гравия, гальки или строительного мусора свыше 10 % по объему	1900	II	II	II	III
тяжелая ломовая	1950–2150	IV	–	III	IV
2. Грунт растительного слоя:					
без корней и примесей	1200	I	I	I	I
с корнями кустарника и деревьев	1200	I	I	II	II
с примесью щебня, гравия или строительного мусора	1400	I	I	II	II
3. Песок:					
без примесей, а также с примесью щебня, гравия, гальки или строительного мусора до 10 % по объему	1600	I	II	II	I
4. Суглинок:					
легкий и лессовидный без примесей	1700	I	I	I	I
тяжелый без примесей	1750	II	II	II	II
5. Супесь:					
без примесей	1650	I	II	II	I
с примесью свыше 10 % по объему	1850	I	II	II	II

Таблица 3

Показатели наибольшей крутизны откосов

Виды грунтов	Крутизна откоса (отношение его высоты к заложению) при глубине выемки, м, не более		
	1,5	3	5
Насыпные неуплотненные	1:0,67	1:1	1:1,25
Песчаные и гравийные	1:0,5	1:1	1:1
Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
Глина	1:0	1:0,25	1:0,5
Лессы и лессовидные	1:0	1:0,5	1:0,5

Рекомендуемая литература

1. *СП 45.13330.2012*. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01–87 [Текст]. – М.: НИИОСП им. Н. М. Герсеванова, институт ОАО НИЦ «Строительство» 2013. – М.: Минрегион России, 2012.
2. *СНиП Ш-42–80**. Магистральные трубопроводы [Текст] / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1982.
3. *СНиП 3.03.01–87*. Несущие и ограждающие конструкции [Текст] / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1987.
4. *СНиП 12-04–2001*. Организация строительного производства [Текст] / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
5. *СНиП 12-03–2001*. Безопасность труда в строительстве. Ч. 1. Общие требования: сборник документов [Текст]. – СПб.: ЦОТПБСП, 2001.
6. *СНиП 12-04–2002*. Безопасность труда в строительстве. Ч. 1. Строительное производство [Текст]. – М.: Государственный комитет РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу, 2003.
7. *ГОСТ 21.101–97*. Основные требования к проектной и рабочей документации [Текст] / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1998.
8. *Белецкий Б. Ф.* Технология и механизация строительного производства [Текст] / Б. Ф. Белецкий. – М., 2003.
9. http://gkmonolit.com/kanalyi-neproxodnyie.
10. http://ru.wikipedia.org.

Оглавление

Введение 3
Глава 1. Краткие сведения о земляных работах 7
1.1. Технологические системы для производства земляных работ 7
1.2. Виды земляных сооружений 7
1.3. Техника безопасности 10
1.4. Основные способы разработки грунтов 11
1.5. Рабочее оборудование одноковшовых экскаваторов 12
1.6. Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами 20
1.7. Разработка грунта землеройно-транспортными машинами 21
Глава 2. Исходные данные 24
2.1. Сведения о грунте 24
2.2. Сведения о лотке непроходного канала 25
2.3. Определение размеров траншеи под трубопровод 27
Глава 3. Выбор одноковшового экскаватора 28
3.1. Определение условий работы экскаватора 29
3.2. Выбор автосамосвала 30
3.3. Выбор экскаватора 33
3.4. Расчет забоя одноковшового экскаватора «обратная лопата» 36
3.5. Расчет забоя одноковшового экскаватора «драглайн» 42
3.6. Расчет производительности экскаватора 45
3.7. Разработка грунта растительного слоя 48
3.8. Выбор монтажного крана 52
Глава 4. Контроль качества земляных работ 54
Приложения 58
Рекомендуемая литература 91

Учебное издание

Карпов Владилен Васильевич,
Хорошенькая Елена Владимировна,
Тишкин Дмитрий Дмитриевич,
Салчак Айдыс Дондукович

ВЫБОР КОМПЛЕКТА МАШИН ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОТЯЖЕННЫХ ВЫЕМОК

Учебное пособие

Редактор В. А. Преснова
Корректоры М. А. Молчанова, К. И. Бойкова
Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 27.12.13. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.
Усл. печ. л. 5,6. Тираж 150 экз. Заказ 221. «С» 104.
Санкт-Петербургский государственный архитектурно строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.
Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 5.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ