

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Т. Ф. Чередниченко, В. Д. Тухарели

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТРОЙСТВА ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Учебное пособие



Волгоград ВолгГАСУ 2015



© Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный  
архитектурно-строительный университет», 2015

УДК 69.057:624.012(075.8)

ББК 38.623я73

Ч648

Рецензенты:

доктор технических наук *О. В. Бурлаченко*,  
профессор, заведующий кафедрой технологий строительного производства  
Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета;  
*Э. И. Чебанов*, директор филиала «ТППЗ4» ООО УК «ГенСтрой»

*Утверждено редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия*

Ч648 **Чередниченко, Т. Ф.**

Технологическое проектирование процессов устройства земляных сооружений [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. Ф. Чередниченко, В. Д. Тухарели; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. — Электронные текстовые и графические данные (6,3 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. — Учебное электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-98276-737-0

Рассмотрены вопросы технологического проектирования процессов устройства земляных сооружений. Особое внимание уделено вопросам выбора оптимальных вариантов возведения земляных сооружений, который основывается на сопоставлении различных комплектов землеройно-транспортной техники.

Пособие предназначено для студентов всех форм обучения направления «Строительство», профили подготовки «Автомобильные дороги и тоннели», «Автомобильные дороги», «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» и может оказать существенную помощь при выполнении курсовой работы.

Для удобства работы с изданием рекомендуется пользоваться функцией Bookmarks (Закладки) в боковом меню программы Adobe Reader.

УДК 69.057:624.012(075.8)

ББК 38.623я73

ISBN 978-5-98276-737-0



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Введение.....	6
1. Виды земляных сооружений.....	7
2. Технологические свойства грунтов.....	9
3. Подготовительные работы.....	10
3.1. Состав и назначение работ подготовительного периода.....	10
3.2. Порядок выполнения работ подготовительного периода.....	11
3.2.1. Расчистка территории и отвод поверхностных вод.....	11
3.2.2. Снос строений.....	12
3.2.3. Подготовка к строительству в стесненных условиях.....	12
3.2.4. Разбивка земляных сооружений.....	13
4. Вспомогательные работы.....	14
4.1. Водоотлив и понижение уровня грунтовых вод.....	14
4.2. Временное крепление стенок выемок.....	18
4.3. Искусственное закрепление грунтов.....	19
5. Определение объемов земляных работ.....	21
5.1. Подсчет объемов работ при возведении линейных земляных сооружений.....	21
5.1.1. Технология выполнения земляных работ при сооружении теплотрассы.....	21
5.1.2. Расчет объемов земляных работ.....	22
5.2. Подсчет объемов работ при вертикальной планировке площадки.....	24
5.3. Подсчет объемов работ при разработке котлована.....	34
6. Основные технологические процессы переработки грунтов.....	39
6.1. Разработка грунта землеройными машинами.....	39
6.2. Разработка грунта землеройно-транспортными машинами.....	42
6.3. Уплотнение грунтов.....	44
6.3.1. Уплотнение грунтов укаткой.....	44
6.3.2. Трамбование грунтов.....	45
6.4. Переработка грунта гидромеханическим методом.....	46
6.5. Разработка грунта бурением.....	49
6.6. Разработка грунта взрывом.....	50
6.7. Разработка грунта бестраншейным методом.....	51
7. Выбор способов производства земляных работ, машин и механизмов.....	54
7.1. Общие ведения.....	54
7.2. Технология ведения работ и выбор комплектов машин при строительстве те- плотрассы.....	55
7.2.1. Выбор комплектов машин.....	55
7.2.2. Выбор технологической схемы производства работ по монтажу участка теплотрассы.....	56
7.3. Технология ведения работ и выбор комплектов машин при вертикальной пла- нировке площадки.....	58
7.3.1. Срезка растительного слоя бульдозером.....	58
7.3.2. Разработка и перемещение грунта скрепером.....	59
7.3.3. Уплотнение грунта в насыпях катками.....	59
7.3.4. Окончательная планировка площадки бульдозером.....	59
7.3.5. Техничко-экономические показатели планировки площадки.....	60
7.4. Технология ведения работ и выбор комплектов машин при разработке котлована.....	61

7.4.1. Срезка растительного слоя бульдозером.....	61
7.4.2. Разработка грунта одноковшовым экскаватором.....	61
7.4.3. Зачистка дна котлована бульдозером.....	62
7.4.4. Обратная засыпка грунта бульдозером.....	62
7.4.5. Техничко-экономическое сравнение вариантов.....	63
8. Выбор вида и подсчет количества транспортных средств для перевозки грунта.....	64
9. Проектирование и расчет экскаваторных забоев.....	66
9.1. Расчет экскаваторного забоя (прямая лопата).....	66
9.2. Расчет экскаваторного забоя (обратная лопата).....	68
9.3. Описание технологической схемы производства работ по разработке котлована.....	69
10. Требования к качеству и приемке земляных работ.....	71
11. Мероприятия по охране труда при выполнении земляных работ.....	78
Заключение.....	81
Библиографический список.....	81
Приложение «Справочные материалы».....	83

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Земляные работы, являясь основными и ответственными работами нулевого цикла возведения зданий и сооружений, связаны с комплексным выбором и применением землеройных, землеройно-транспортных машин и механизмов, а также транспортных средств. Актуальность учебного пособия обусловлена значимостью земляных работ при возведении различных объектов производственного и непроизводственного назначения.

В пособии ставится цель углубить представление студентов о методах и организации работ на стройплощадке исходя из назначения объекта, его объемно-планировочного решения и конструктивных характеристик. Предложен алгоритм выбора технологий, предусматривающих выполнение работ с учетом повышения уровня производительности труда и механизации, сокращения трудоемкости и снижения стоимости работ. Учебное пособие содержит систематизированный материал, соответствующей области строительного производства, и обеспечивает активное овладение студентами знаниями, умениями и навыками в этой области для более детальной проработки рассматриваемых тем при выполнении курсовых работ.

Для обложки была использована иллюстрация с сайта <http://www.crush-service.ru>, за которую автору выражаем признательность.

## ВВЕДЕНИЕ

Возведение земляных сооружений представляет собой сложный производственный процесс, в котором участвуют самые разнообразные строительные машины и механизмы, рабочие различных специальностей разной квалификации, инженерно-технические работники. При этом применяются разнообразные объемно-планировочные и конструктивные решения объектов, схемы и методы производства работ.

Оптимальное возведение земляных сооружений — это организация их строительства в минимальные сроки с учетом совершенной технологии и механизации, с максимально рациональной степенью совмещения основных строительных, специальных и других работ. Выбор оптимального варианта возведения объекта основывается на сопоставлении нескольких вариантов, которые различаются: методом возведения объекта; технологической последовательностью выполнения работ; применяемыми методами производства работ и средствами механизации; продолжительностью выполнения отдельных циклов строительства объекта; сроками начала и окончания работ.

Технологическая последовательность во многом определяет общий темп строительства, порядок и методы производства специальных и вспомогательных строительных работ. При этом необходимо иметь в виду, что выполнение всех видов строительных работ, включая и специальные, должно быть увязано в единый поток, конечной целью которого является получение готовой строительной продукции в виде здания или сооружения.

Основным признаком поточного строительства является равномерное и непрерывное производство. Для организации поточного производства необходимо разделить общий фронт строительных работ на отдельные участки и захватки. Разбивка объекта на участки и захватки должна определяться технологической необходимостью и предусматривать возможность трансформирования в связи с изменениями, которые могут возникнуть во время производства работ. Размеры участков устанавливаются с таким расчетом, чтобы на каждом из них были примерно одинаковые объемы и трудоемкость работ.

Итак, организация строительного производства должна обеспечивать направленность всех организационных, технических и технологических решений на достижение конечного результата — ввода в действие объекта с необходимым качеством и в установленные сроки.

Правильная организация возведения земляных сооружений возможна при соблюдении требований проекта производства работ, контроля качества и техники безопасности выполнения работ.

## 1. ВИДЫ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ

При строительстве земляных сооружений выполняется целый комплекс работ: разработка грунта, планировка площадки, рыхление твердых или мерзлых грунтов, заглубление фундаментов, обратная засыпка, устройство постоянных, временных и вспомогательных сооружений. При решении вопросов, связанных с производством земляных работ, следует различать линейные земляные сооружения (траншеи, выемки, насыпи дорожного полотна), планируемые площадки и котлованы.

**Постоянными** называют земляные сооружения, которые после строительства эксплуатируются (каналы, дороги и т. п.). **Временные** сооружения после производства работ ликвидируются (котлованы под фундаменты, траншеи под трубопроводы и т. д.). Кюветы, водоотводные канавы и т. п. являются **вспомогательными** земляными сооружениями.

Результатами переработки грунта являются различного вида земляные сооружения, представляющие выемки, насыпи, подземные выработки, обратные засыпки (рис. 1).

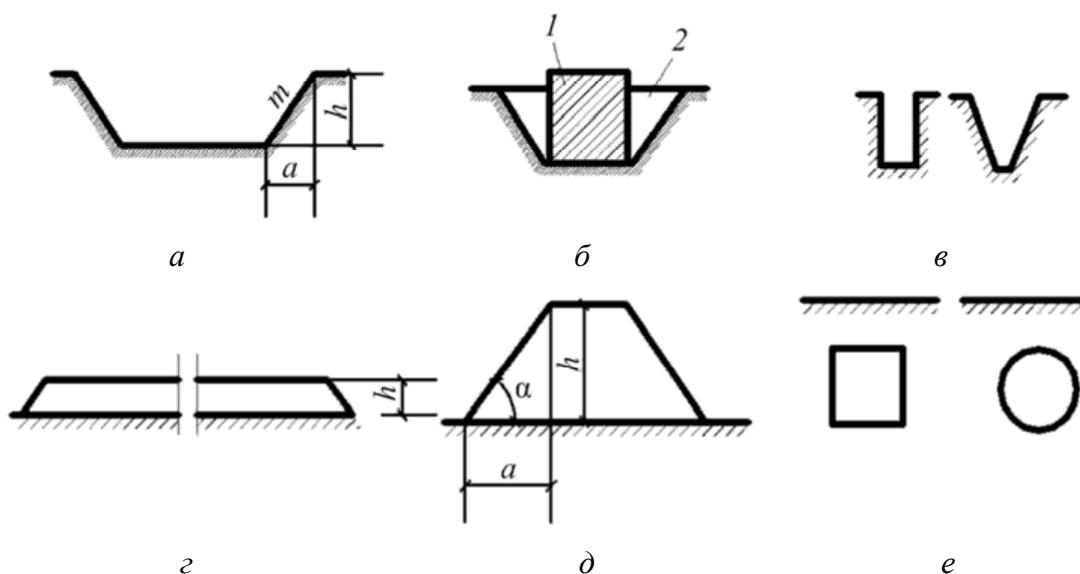


Рис. 1. Виды земляных сооружений: *a* — открытый котлован, поперечный профиль; *б* — закрытый котлован, поперечный профиль; *в* — траншея, поперечный профиль; *г* — планировочная насыпь, профиль; *д* — земляное полотно дороги, профиль; *е* — подземные выработки, сечения: 1 — здание (сооружение); 2 — обратная засыпка

Выемку, имеющую ширину до 3 м и длину, значительно превышающую ширину, называют **траншеей**. Выемку, длина которой не превышает десятикратной ее ширины, называют **котлованом**. Выемки, закрытые с поверхности и устраиваемые для сооружения транспортных и коммунальных туннелей, называют **подземными выработками**. После устройства подземных сооружений и частей зданий грунт укладывают в так называемые пазухи — пространства между боковой поверхностью сооружения и откосом котлована для полного закрытия подземного сооружения или коммуникаций. Этот процесс называют **обратной засыпкой**.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ

В строительном производстве грунтами называют породы, залегающие в верхних слоях земной коры и представляющие собой главным образом рыхлые и скальные породы.

Основные характеристики грунтов:

**Плотностью** называют массу  $1 \text{ м}^3$  грунта в естественном состоянии.

**Влажность** характеризуют степенью насыщения грунта водой, которую определяют отношением массы воды в грунте к массе твердых частиц грунта. При влажности более 30 % грунты считают мокрыми, а при влажности до 5 % — сухими.

**Липкость** — способность грунта при определенной влажности прилипать к поверхности различных предметов.

**Разрыхляемость** — способность грунта увеличиваться в объеме в процессе его разработки (характеризуется **коэффициентом разрыхления  $K_p$** ). Этот коэффициент представляет собой отношение объема разрыхленного грунта к объему грунта в естественном состоянии. Однако грунт не занимает того объема, который он занимал до разработки, сохраняя **остаточное разрыхление**, показателем которого является коэффициент остаточного разрыхления грунта  $K_{o.p.}$

**Сцепление** характеризуют начальным сопротивлением грунта сдвигу, оно зависит от вида грунта и его влажности.

**Угол естественного откоса** характеризуется физическими свойствами грунта, при котором он находится в состоянии предельного равновесия. Для обеспечения устойчивости земляных сооружений (насыпей, выемок) их возводят с откосами, крутизна которых определяется отношением его высоты к заложению:  $h / a = 1 / m$ , где  $m$  — коэффициент откоса.

## 3. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

### 3.1. Состав и назначение работ подготовительного периода

Любому строительству (объекту или сооружению) предшествует подготовка площадки, направленная на обеспечение необходимых условий для возведения в установленные сроки зданий и сооружений. Этот процесс включает инженерную подготовку и инженерное обеспечение.

При **инженерной подготовке** выполняют комплекс процессов (работ), наиболее характерными из которых в технологии строительного производства являются создание геодезической разбивочной основы, расчистка и планировка территории, отвод поверхностных и грунтовых вод.

**Инженерное обеспечение** строительной площадки предусматривает устройство временных зданий, дорог и сетей водо-, электроснабжения и др. Площадку строительства оборудуют раздевалками-бытовками, столовой, конторой производителя работ, душевыми, санузлами, складами для хранения строительных материалов, инструмента, временными мастерскими, навесами и т. д. Под эти сооружения целесообразно использовать часть сносимых зданий, если они не попадают в габариты возводимого сооружения и не будут мешать нормальному осуществлению строительных работ, а также инвентарные здания вагонного или блочного типа.

Для транспортирования грузов следует максимально использовать существующую дорожную сеть и только при необходимости предусматривать устройство временных дорог.

В подготовительный период прокладывают линии временного водоснабжения, включая противопожарный водопровод, и электроснабжения с подводкой энергии ко всем бытовкам и местам установки электромеханизмов. Прорабская должна быть обеспечена телефонной и диспетчерской связью. На строительной площадке оборудуют место для ремонта и стоянки землеройных и других машин и автомобилей, обязательно ограждают или обозначают соответствующими знаками и надписями.

## **3.2. Порядок выполнения работ подготовительного периода**

До начала работ подготовительного периода следует получить разрешение на ведение работ. Далее, основываясь на этом разрешении, заказчик должен освободить стройплощадку от расположенных на ней сооружений, коммуникаций, зеленых насаждений. Также осуществляется переселение граждан, проживающих в зданиях, подлежащих сносу. Не подлежащие вырубке зеленые насаждения должны быть ограждены либо перенесены.

### **3.2.1. Расчистка территории и отвод поверхностных вод**

Расчистка территории и отвод поверхностных вод осуществляется в пределах площади, устанавливаемой проектом. Ценные породы деревьев пересаживают на новое место, остальные вырубает. Операция валки и корчевки деревьев выполняются с помощью кусторезов, корчевателей, бульдозеров. Валку деревьев с диаметром ствола свыше 0,1 м могут осуществлять специальные машины. Далее деревья очищают от сучьев и веток и в таком виде складывают на специально отведенных площадках. Корчевка пней как правило осуществляется механизированным или взрывным способами. Механизированный способ (при диаметре пня до 0,5 м) — тракторами, бульдозерами, лебедками. При больших диаметрах пней применяют взрывной способ.

Уборка валунов (крупных камней) осуществляется в зависимости от габаритных размеров камня. Валуны, размеры которых не позволяют перемещать их землеройными транспортными машинами (негабаритные), дробят на более мелкие части (взрывом).

До начала земляных работ снимается верхний плодородный слой почвы, который затем складывается в отвалы для дальнейшего использования (благоустройство территории). Эту работу лучше вести весной, когда грунт находится в талом состоянии.

Отвод поверхностных вод осуществляется с целью перехвата нагорных вод вдоль границ стройплощадки и обеспечения стока вод, попадающих на территорию. Водоотвод осуществляется с помощью временных и постоянных устройств. Для временного водоотвода устраиваются водоотводные канавы или обвалка вдоль границ строительной площадки в повышенной ее части, либо территория планируется с уклоном. Временные устройства должны быть рассчитаны на пропуск ливневых вод и таяние снега в течение срока, превышающего плановый срок строительства в три раза. Рытье канав выполняется экскаваторами (многоковшовыми и канавокопателями), нарезка небольших канав — бульдозерами. Выпуск воды из канав производится в пониженные участки местности за пределами стройплощадки в естественные водоемы.

### **3.2.2. Снос строений**

До начала работ обследуются сносимые строения для определения состояния объекта, объемов и способов выполнения работ, наличия материалов и конструкций, пригодных для дальнейшего использования, проводятся мероприятия по сохранению существующих рядов сооружений.

По результатам обследования составляется проект производства работ (ППР) по разборке строений. Как и во всякий ППР, сюда входит стройгенплан, техкарты выполняемых процессов, графики производства работ, последовательность их выполнения, потребность в строительных машинах и т. д. Кроме того, содержатся сведения по технике безопасности (ТБ).

Разборка может осуществляться вручную, полумеханизированным, механизированным и взрывным способом. Ручной способ применяется при небольших объемах работ, несложных строениях или когда другой способ неприменим. Используются ломы, кувалды, кирки и т. д. Полумеханизированный способ ведется с помощью пневмо- и электроинструмента: отбойных молотков, механических пил и проч. Механизированный способ выполняется с помощью механизмов и машин: шар- и клинмолотов, подвешиваемых к стреле крана или экскаватора. Также используются тракторы и бульдозеры.

Взрывной способ осуществляется с помощью энергии взрыва. Для этого по периметру здания бурятся скважины, в которые закладываются заряды. В результате взрыва здание разрушается и оседает на свое основание. Во избежание пожаров перед взрывом в здании убирают деревянные конструкции (окна, двери, перекрытия). Взрывной способ — наиболее экономичный, однако имеет повышенные требования по ТБ. На практике, чаще всего, применяется комбинированный способ.

Иногда в процессе реконструкции действующего предприятия требуется выполнить частичную разборку сооружения (снятие и замену перекрытий). В этом случае следует предусмотреть (в ППР), что при выполнении работ должны быть обеспечены мероприятия по сохранению устойчивости сооружения, сохранности его элементов, а также снятие нагрузок с разбираемых элементов.

### **3.2.3. Подготовка к строительству в стесненных условиях**

Условия, ограничивающие зону использования рабочих машин, делают неудобным транспортирование, подачу материалов и т. д. Такое происходит, например, в городской черте, условиях плотной застройки, действующих предприятий, реконструкции и капитального ремонта.

Необходимо до начала работ составить ППР с учетом этих условий. Срезку кустарников и деревьев следует вести таким образом, чтобы не засорять территорию и своевременно вывозить за пределы стройплощадки. Перед началом работы площадка должна быть ограждена деревянными щитами, а в местах прохода пешеходов необходимо установить защитные козырьки.

### 3.2.4. Разбивка земляных сооружений

Разбивка земляных сооружений состоит в установлении и закреплении их положения на местности. Ее осуществляют с помощью геодезических инструментов и различных измерительных приспособлений.

Разбивку котлованов начинают с выноса и закрепления на местности (в соответствии с проектом) створными знаками основных рабочих осей (рис. 2, *а*). После этого вокруг будущего котлована на расстоянии 2...3 м от его бровки параллельно основным разбивочным осям устанавливают обноску (рис. 2, *б*), состоящую из забитых в грунт металлических стоек или вкопанных деревянных столбов и прикрепленных к ним досок.

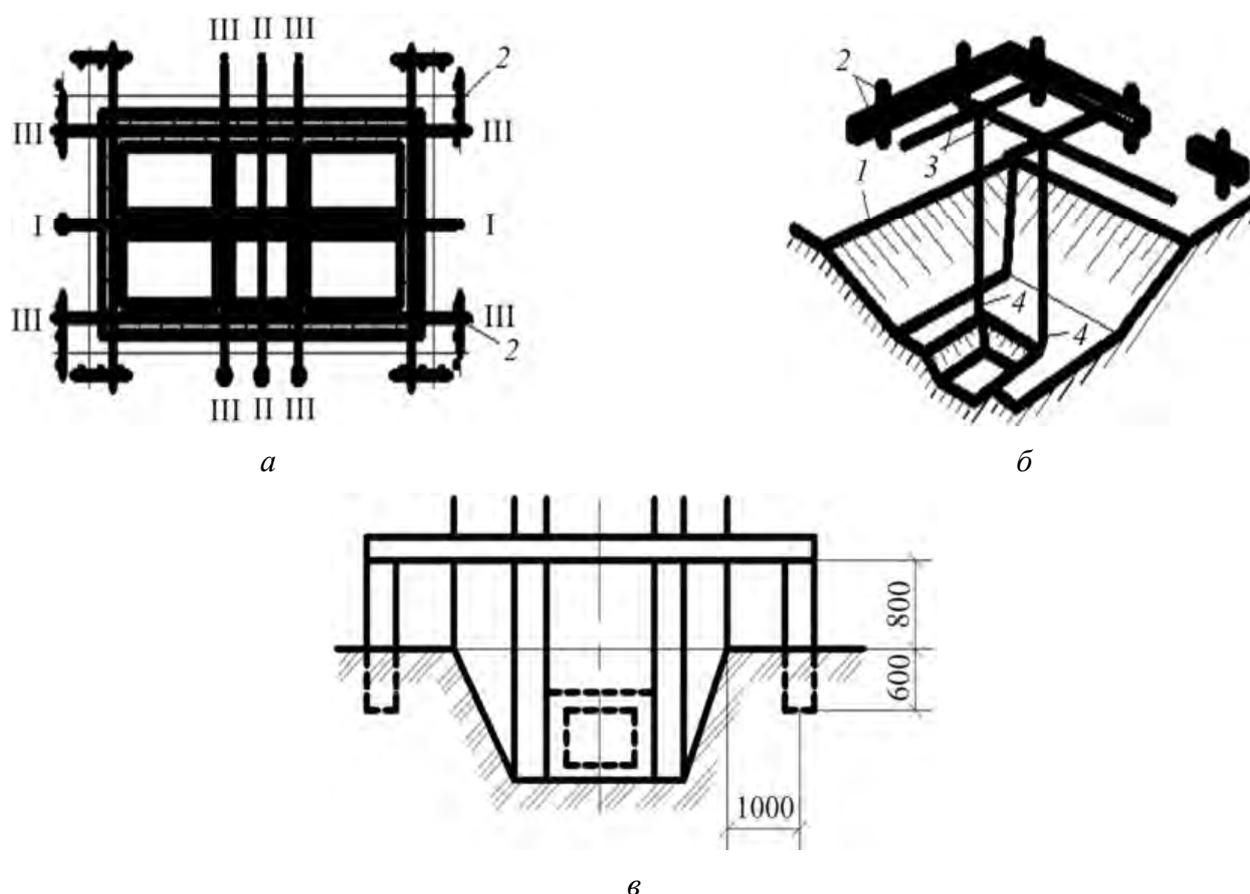


Рис. 2. Схема разбивки котлованов и траншей: *а* — схема разбивки котлована; *б* — схема обноски; *в* — схема разбивки траншеи: I—I и II—II — главные оси здания; III—III — оси стен здания; 1 — границы котлована; 2 — обноска; 3 — проволока (причалка); 4 — отвесы

Для пропуска транспортных средств в обноске должны быть разрывы. На обноску переносят основные разбивочные оси, которые закрепляют гвоздями или пропилами и нумеруют. На металлической обноске оси закрепляют краской. Размеры котлована поверху, понизу и другие характерные его точки отмечают хорошо видимыми колышками. После возведения подземной части здания, разбивочные оси переносят на его цоколь. Для линейно протяженных сооружений (например, коллектора) устраивают только поперечные обноски, которые располагают на прямых участках через 50 м, на закруглениях — через 20 м (см. рис. 2, *в*).

## 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Если подготовительные процессы осуществляют до начала разработки грунта, то вспомогательные — до или в процессе возведения земляных сооружений. К таким процессам можно отнести водоотлив, понижение уровня грунтовых вод, временное крепление стенок выемок, искусственное закрепление грунтов.

### 4.1. Водоотлив и понижение уровня грунтовых вод

При устройстве выемок, расположенных ниже уровня грунтовых вод, необходимо осушать водонасыщенный грунт, предотвращать попадание грунтовой воды в котлованы в период выполнения в них строительных работ. Решением таких задач является откачка грунтовой воды.

Выемки (котлованы и траншеи) при небольшом притоке грунтовых вод разрабатывают с применением **открытого водоотлива**, а если приток значителен и толщина водонасыщенного слоя, подлежащая разработке, большая, то до начала производства работ уровень грунтовых вод искусственно понижают (водопонижение).

При открытом водоотливе грунтовая вода, просачиваясь через откосы и дно котлована, поступает в водосборные каналы и по ним в приямки (зумпфы), откуда ее откачивают насосами (рис. 3).

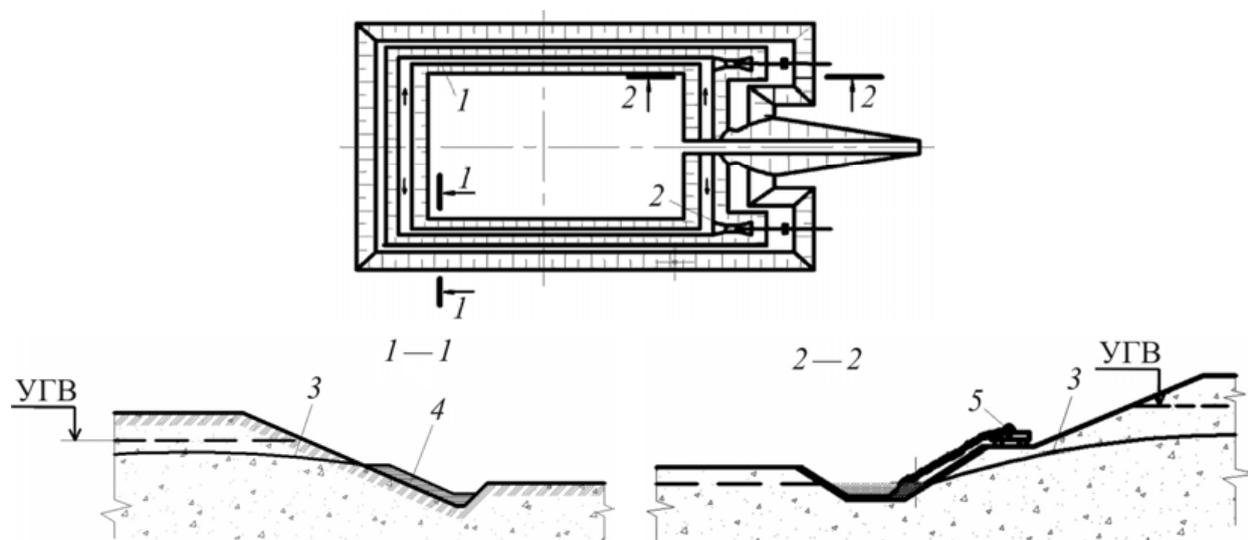


Рис. 3. Открытый водоотлив из котлована: 1 — дренажная канава; 2 — приямок (зумпф); 3 — пониженный уровень грунтовых вод; 4 — дренажная пригрузка; 5 — насос

Технологический недостаток данного способа заключается в том, что восходящие потоки грунтовой воды, протекающие через дно и стенки котлованов и траншей, разжижают грунт. Явление такого вымывания называют **суффозией грунта**.

Несмотря на простоту и экономичность открытого водоотлива, производство работ при этом способе может быть осложнено постоянным присутствием воды и возможным нарушением структуры грунта стенок и основания. Поэтому часто приходится использовать искусственное понижение уровня грунтовых вод.

Опыт показал, что **водопонижение** — наиболее рациональный и эффективный метод борьбы с грунтовыми водами. Искусственное понижение грунтовых вод реализуется с использованием иглофильтровых установок, состоящих из стальных труб с фильтрующим звеном в нижней части, водосборного коллектора и самовсасывающего вихревого насоса с электродвигателем (рис. 4).



Рис. 4. Искусственное понижение грунтовых вод: *а* — насос для откачки воды и иглофильтры; *б* — всасывающий коллектор

Откачку воды из котлована с помощью иглофильтровой установки производят по схеме, приведенной на рис. 5: по периметру котлована располагают иглофильтры 2, которые присоединяются к всасывающему коллектору 3. Из группы иглофильтров, подключенных к одному участку всасывающего коллектора, вода откачивается насосом 1 и сбрасывается за пределы котлована по сбросным канавам или специально уложенным трубопроводам 4. В результате действия водопонижительной установки естественный уровень грунтовых вод 6 станет ниже отметки подошвы котлована и займет положение 7.

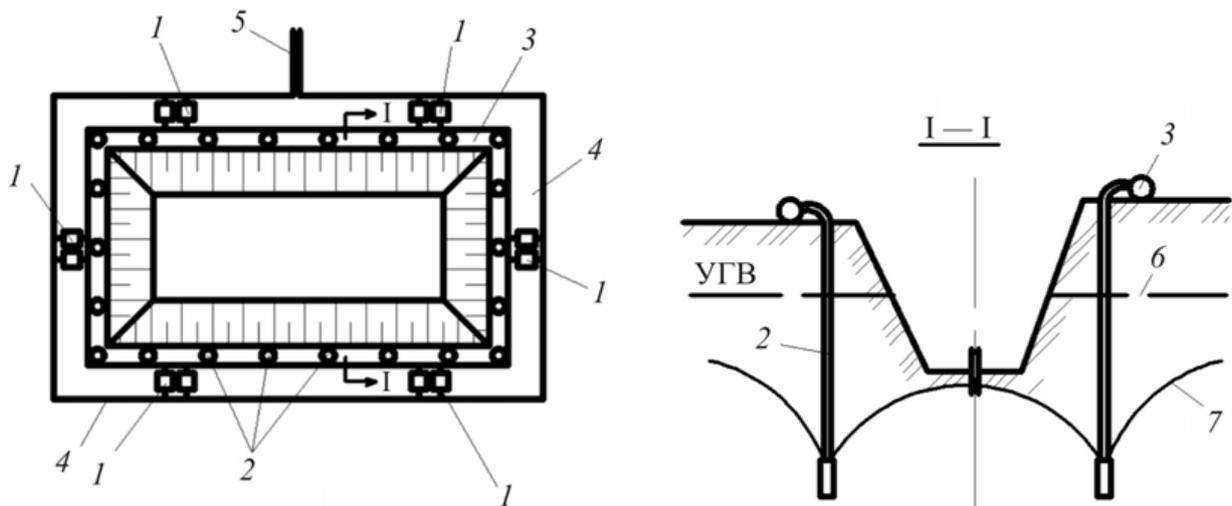


Рис. 5. Схема водопонижения иглофильтрами: 1 — насосы; 2 — иглофильтры; 3 — всасывающий коллектор; 4 — напорный коллектор; 5 — сброс воды; 6 — естественный уровень грунтовых вод; 7 — пониженный уровень грунтовых вод

Иглофильтр состоит из фильтрового звена с наконечником, являющимся водоприемным устройством, и надфильтровой наставной трубы, соединенных между собой муфтами. Схема фильтрового звена представлена на рис. 6. Фильтровое звено изготовляют из двух труб: наружной 2 с отверстиями, расположенными в шахматном порядке, и внутренней цельной 3. Наружная труба обмотана проволокой, поверх которой натянута фильтрующая сетка; от повреждения при погружении трубы последнюю предохраняет защитная сетка 1. Нижняя часть фильтрового звена снабжена фрезерным наконечником, внутри которого помещаются кольцевой клапан 4 с гнездами 5 и шаровой клапан 6 с ограничителем 7.

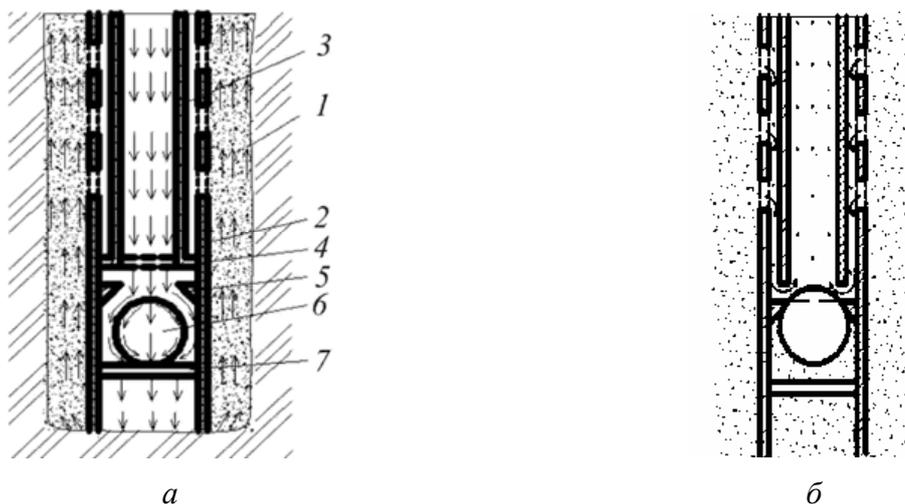


Рис. 6. Схема фильтрового звена: а — при погружении в грунт; б — в процессе откачки: 1 — защитная сетка; 2 — наружная труба; 3 — внутренняя труба; 4 — кольцевой клапан; 5 — гнезда; 6 — шаровой клапан; 7 — ограничитель

Монтаж иглофильтровой установки начинают с геодезической разбивки всасывающего коллектора по контуру осушаемого котлована. Коллектор укладывают на спланированной площадке так, чтобы он не преломлялся в вер-

тикальной плоскости, а направление его было прямолинейным. Переломы коллектора как в плане, так и по высоте нарушают герметичность соединения в стыках труб. Изменение направления коллектора осуществляют с помощью отводов.

Погружение иглофильтров производят следующим образом. К верхнему концу иглофильтровой трубы подсоединяют напорный шланг, по которому подают воду под давлением до 5 атм. Струя воды, выходящая из-под наконечника, размывает грунт под ним и колонна иглофильтров погружается под действием собственного веса.

При откачивании воды из котлована во внутренней трубе иглофильтра создается разрежение, кольцевой клапан опускается, шаровой клапан закрывает поступление воды через наконечник и вода из грунта засасывается через фильтр, поднимается вверх и отводится насосом наружу.

Расстояние между иглофильтрами определяется в зависимости от свойств грунта, но не более 2 м. Глубина погружения иглофильтров достигает 5...6 м. При более глубоких котлованах установки располагают ярусами; второй ярус монтируется на дне выемки, вырытой под защитой первого яруса. При глубине котлована до 15...20 м используют иглофильтры с эжекторным устройством, так как применение вакуумных иглофильтров становится невыгодным.

Преимущества иглофильтровых водопонижительных установок состоят в том, что при осушении котлована не происходит выноса мельчайших частиц грунта, увеличивается несущая способность основания, снижается стоимость строительства и создаются благоприятные условия для применения поточной организации земляных работ.

Для водопонижения в суглинистых и глинистых водонасыщенных грунтах, трудно отдающих воду, применяют электроосушение. Способ электроосушения основан на явлении электроосмоса, т. е. передвижения воды под влиянием постоянного электрического тока, пропускаемого через влажный грунт. Постоянный ток заставляет влагу перемещаться от положительного электрода к отрицательному.

Электроосушение производят с помощью обыкновенной вакуумной иглофильтровой установки. Для этого ее подключают к отрицательному полюсу источника постоянного тока. Параллельно ряду иглофильтров, на расстоянии 2...2,5 м, забивают металлические стержни на глубину до 4 м, соединяют проводом и подключают к положительному полюсу (рис. 7).

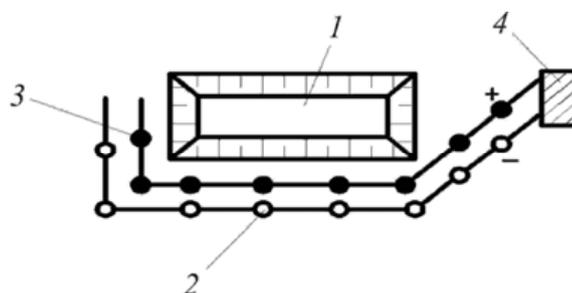


Рис. 7. Схема электроосушения: 1 — котлован; 2 — иглофильтровые установки; 3 — металлические стержни; 4 — мотор-генератор

Описанная схема расположения иглофильтров и металлических стержней при пропускании электрического тока способствует движению воды от котлована к периферии. В то же время электрические силы препятствуют проникновению воды в котлован со стороны.

## 4.2. Временное крепление стенок выемок

При разработке выемок в водонасыщенных грунтах или в стесненных условиях, вертикальные стенки закрепляют специальными **временными креплениями** (рис. 8).

**Шпунтовое ограждение** — наиболее дорогой из существующих способов. Применяют вблизи существующих сооружений. Шпунт забивают до разработки выемок. **Крепление консольного типа** состоит из стоек-свай, заземленных нижней частью в грунте глубже дна выемки. Они служат опорами для щитов (досок, брусьев). Крепление консольного типа целесообразно при глубине выемки до 5 м. **Крепление распорного (горизонтально-рамного) типа** — наиболее простое в исполнении, его применяют при устройстве траншей глубиной до 4 м в сухих или маловлажных грунтах. Крепление состоит из стоек, горизонтальных досок или дощатых (сплошных и не сплошных) щитов и распорок, прижимающих доски или щиты к стенкам траншеи.

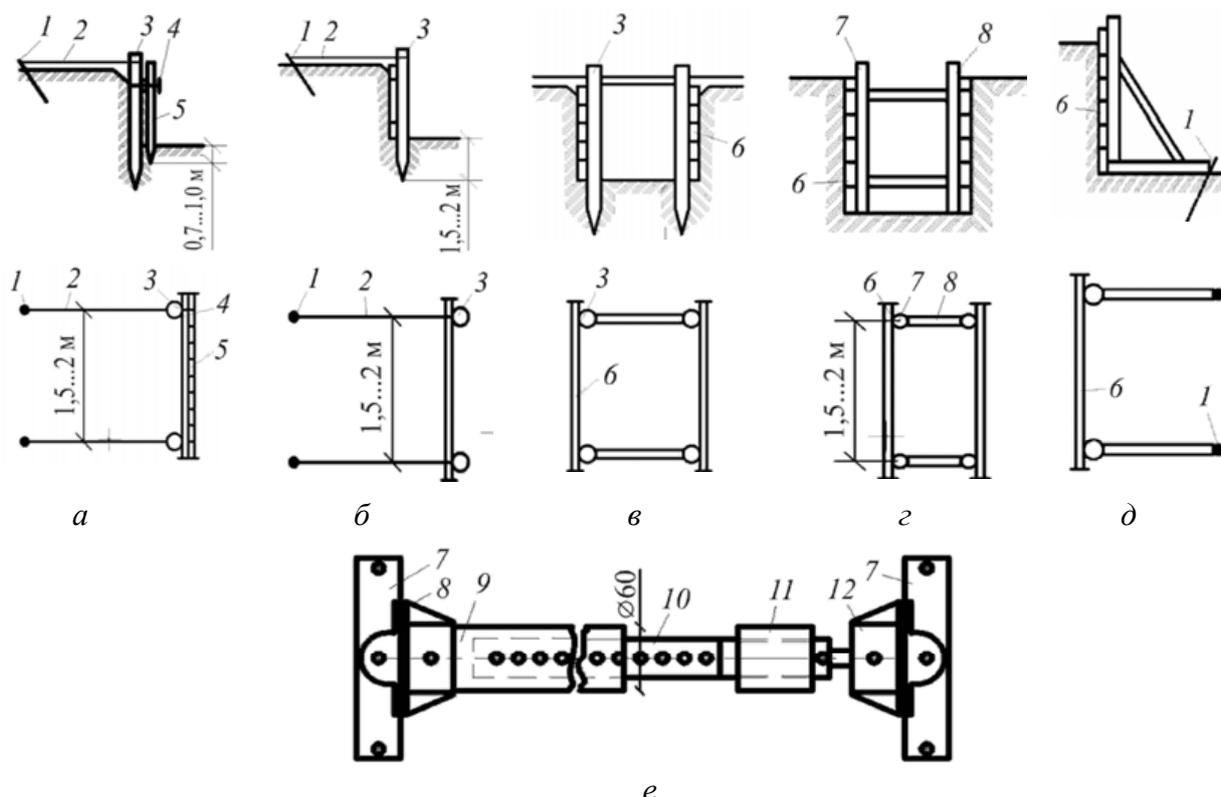


Рис. 8. Схемы временного крепления вертикальных стенок выемок: *а* — шпунтовое ограждение; *б* — консольное; *в* — консольно-распорное; *г* — распорное (горизонтально-рамное); *д* — подкосное; *е* — инвентарная трубчатая распорная рама: 1 — анкерная свая; 2 — оттяжка; 3 — маячная свая (опорная стойка); 4 — направляющая; 5 — шпунтовое ограждение; 6 — щиты (доски); 7 — стойка распорной рамы; 8 — распорка; 9 — наружная труба; 10 — внутренняя труба; 11 — поворотная муфта; 12 — опорная часть распорки

Наиболее эффективны инвентарные распорные рамы из трубчатых стоек и распорок (см. рис. 8, *e*). Металлические трубчатые стойки по высоте имеют отверстия для крепления распорок. Распорка телескопического типа состоит из наружной и внутренней труб, поворотной муфты и опорных частей. Полное прижатие щитов к стенкам выемки осуществляют поворотом муфты с винтовой нарезкой.

### 4.3. Искусственное закрепление грунтов

Закрепление грунтов применяют при создании вокруг разрабатываемых выемок водонепроницаемых завес или повышения несущей способности грунтовых оснований:

1. **Замораживание грунтов** применяют в сильно водонасыщенных грунтах (плывунах) при разработке глубоких выемок. Для этого по периметру котлована погружают замораживающие колонки из труб, соединенных между собой трубопроводом, по которому нагнетают рассол (растворы солей с низкой температурой замерзания), охлажденный холодильной установкой до  $-20...25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 9). Для охлаждения рассола применяют хладоагенты — аммиак, реже углекислоту.

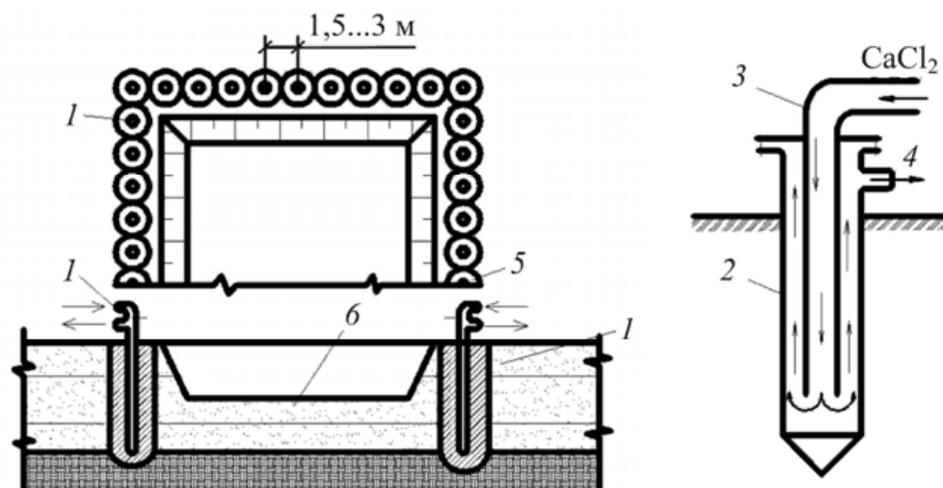


Рис. 9. Схема искусственного замораживания грунтов: 1 — охлаждающая колонка; 2 — замораживающая труба; 3 — питающая труба; 4 — патрубок для подсоединения к холодильной установке; 5 — замороженный грунт; 6 — талый грунт

2. **Цементация и битумизация** заключаются в инъецировании соответственно цементного раствора или разогретых битумов. Их применяют для пористых грунтов с высоким коэффициентом фильтрации, а также трещиноватых скальных пород.

3. **Химическим способом** закрепляют песчаные и лессовые грунты посредством нагнетания в них через инжекторы химических растворов. Химический способ может быть двух- и однорастворный. **Двухрастворное закрепление** производится водным раствором силиката натрия  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  и хло-

ристого кальция  $\text{CaCl}_2$ . Этот способ применяют в достаточно хорошо дренирующих грунтах. **Однорастворное закрепление** (смесь силиката натрия и отвердителя) применяют для слабо дренирующих грунтов.

4. **Термическое закрепление** применяют для лессовых (тонкозернистая известковая горная порода) грунтов. Оно реализуется в результате обжига раскаленными газами, нагнетаемыми через скважину в поры грунта. Газы образуются при сжигании жидкого или газообразного топлива, подаваемого в толщу грунта вместе с воздухом через жаропрочные трубы в заранее пробуренную скважину.

5. **Электрическим способом** закрепляют влажные глинистые грунты. Заключается он в использовании электроосмоса (через грунт пропускают постоянный электрический ток). При этом глина осушается.

6. **Электрохимический способ** отличается от предыдущего тем, что одновременно с электрическим током в грунт вводят через трубу, являющуюся катодом, растворы химических добавок, увеличивающие проводимость тока (силикат натрия, хлористый кальций, хлористое железо и др.). Благодаря этому интенсивность процесса закрепления грунта возрастает.

## **5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ**

При устройстве земляных сооружений, а также возведении зданий в комплекс земляных работ может входить разработка, погрузка на транспортные средства, перемещение грунта, зачистка основания, разравнивание грунта, отсыпка насыпей, уплотнение грунта, планировка площадей. Все объемы земляных масс подсчитываются по геометрическим размерам в плотном теле грунта. В сложном комплексе земляных работ, состоящем из ряда отдельных процессов, следует выделять основные и дополнительные работы. Основные работы характеризуются большим удельным весом по объему и трудоемкости. От способа производства этих работ зависит состав дополнительных работ. До начала подсчета объемов земляных работ необходимо наметить способы производства работ и выявить перечень основных и дополнительных видов этих работ.

Все объемы основных и дополнительных работ подсчитываются в единицах измерения, предусмотренных ЕНиР.

### **5.1. Подсчет объемов работ при возведении линейных земляных сооружений**

#### **5.1.1. Технология выполнения земляных работ при сооружении теплотрассы**

Траншеи под трубопроводы в основном разрабатывают экскаваторами с обратной лопатой. Экскаватор перемещается по верху забоя с разработкой грунта ниже уровня его стоянки. Разрабатываемый грунт обычно отсыпается в отвал и частично (лишний, не нужный для обратной засыпки) на транспорт. Траншеи разрабатывают за одну проходку с перемещением экскаватора по оси траншеи.

Необходимость ручной разработки грунта возникает в практике строительства при подчистке дна траншеи (рытье приямков под стыки трубопроводов). Недоборы грунта на дне траншей после механизированной разработки экскаватором до проектной отметки в 5...10 см рекомендуется подчи-

щать вручную. Такую разработку ведут ручным инструментом (лопатами различного типа) с использованием средств малой механизации для удаления и транспортирования грунта.

Земляные работы при прокладке теплотрассы включают следующие операции:

- разбивка трассы;
- срезка растительного слоя;
- разработка траншеи экскаватором;
- доработка траншеи вручную;
- вывоз лишнего грунта автосамосвалами;
- обратная засыпка траншеи.

### 5.1.2. Расчет объемов земляных работ

Работу следует начать с разбивки всей трассы на отдельные участки (пикеты) равной длины. Затем, используя исходные данные индивидуального задания (уклон трассы, черные отметки), построить в масштабе схему продольного профиля трассы. Далее, определив величины красных и рабочих отметок, вычертить полный профиль трассы с указанием геометрических параметров трассы (пример чертежа профиля трассы представлен на рис. 10).

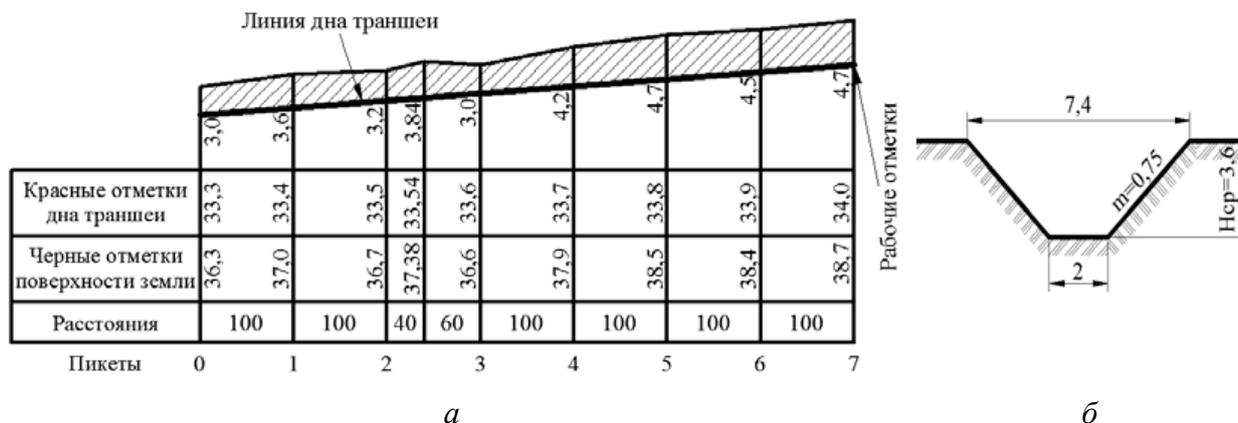


Рис. 10. Разработка траншеи: *a* — продольный профиль; *б* — поперечный разрез по середине участка ПК3—ПК4

Определив габаритные размеры трассы, приступают к подсчету объемов необходимых земляных работ. Расчет ведут в следующей последовательности:

- 1) определение ширины котлована поверху (рис. 11) по формуле

$$B_i = b + 2mH_i; \quad (1)$$

- 2) определение площадей поперечного сечения пикетов  $F_i$  (рис. 11);
- 3) определение объемов участков между пикетами  $V_{i, i+1}$  (рис. 12);
- 4) определение средних площадей поперечного сечения между пикетами  $F_{i+1}$  (рис. 12);
- 5) суммирование вышеуказанных объемов работ  $\Sigma V_{i, i+1}$ .

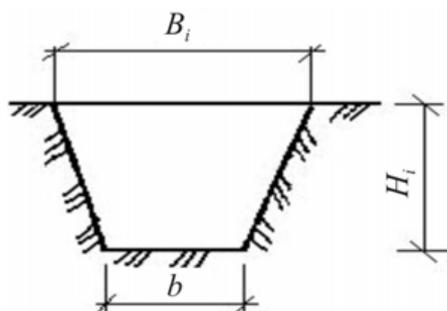


Рис. 11. Поперечное сечение участка теплотрассы:  $B_i$  — размер трассы поверху, м;  $H_i$  — рабочая отметка (глубина траншеи), м;  $b$  — размер траншеи понизу, м

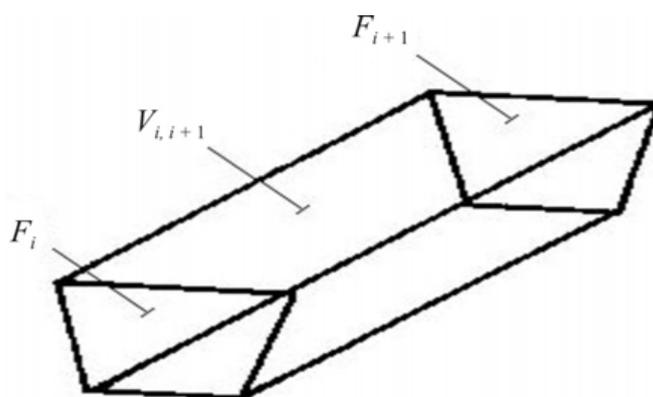


Рис. 12. Схема для расчета объемов земляных работ участка теплотрассы:  $F_i, F_{i+1}$  — площади поперечных сечений в смежных пикетах,  $m^2$ ;  $F_{cp, i, i+1}$  — средняя площадь поперечных сечений смежных пикетов,  $m^2$ ;  $F_{cp, i, i+1} = (F_i + F_{i+1}) / 2$ ;  $V_{i, i+1}$  — объем земляных работ участка теплотрассы между смежными пикетами,  $m^3$

Результаты расчетов сводятся воедино в табличной форме (табл. 1). Также должны быть определены и сведены в таблицу объемы работ по зачистке дна траншеи, объем под обратную засыпку и объем лишнего грунта, подлежащего вывозу со строительной площадки (табл. 2).

Таблица 1

**Результаты расчетов объемов земляных работ при сооружении участка теплотрассы**

Номер пикета	Черные отметки, м	Красные отметки, м	Рабочие отметки	Ширина траншеи понизу, м	Ширина траншеи поверху, м	Площадь поперечного сечения, $m^2$	Значения $F_{cp, i, i+1}, m^2$	Общий объем земляных работ, $m^3$	Объем работ по зачистке дна траншеи, $m^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Баланс объемов земляных масс при сооружении участка теплотрассы

Разработка грунта экскаватором, м <sup>3</sup>	Зачистка дна траншеи, м <sup>3</sup>	Объем под обратную засыпку, м <sup>3</sup>	Объем лишнего грунта, м <sup>3</sup>
1	2	3	4

Геометрические размеры отвала грунта, укладываемого на бровке траншеи, приведены на рис. 13, а расчет параметров начинаем с определения площади поперечного сечения отвала по формуле

$$F_o = F_{i \max} \cdot K_{\text{пр}}(1 - V_{\text{л}}), \quad (2)$$

где  $F_{i \max}$  — наибольшая по величине площадь поперечного сечения траншеи, м<sup>2</sup>;  $K_{\text{пр}}$  — коэффициент первичного увеличения объема грунта (прил., табл. П.1);  $V_{\text{л}}$  — объем грунта, подлежащего вывозу, отнесенный к полному объему разрабатываемого грунта.

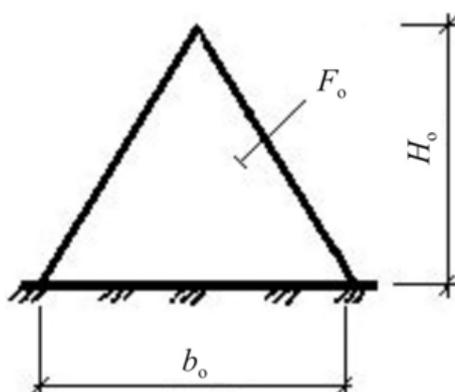


Рис. 13. Поперечное сечение отвала грунта, складываемого на бровке траншеи:  $b_o$  — ширина отвала;  $H_o$  — высота отвала;  $F_o$  — площадь сечения отвала

Высота и ширина отвала (см. рис. 13) определяется по формулам

$$H_o = \sqrt{F_o}; \quad (3)$$

$$b_o = 2H_o. \quad (4)$$

## 5.2. Подсчет объемов работ при вертикальной планировке площадки

Объем работ при вертикальной планировке площадки можно определить при помощи планировочной сетки, нанесенной на чертеж плана площадки, предварительно разбитой на равные квадраты или прямоугольники (рис. 14).

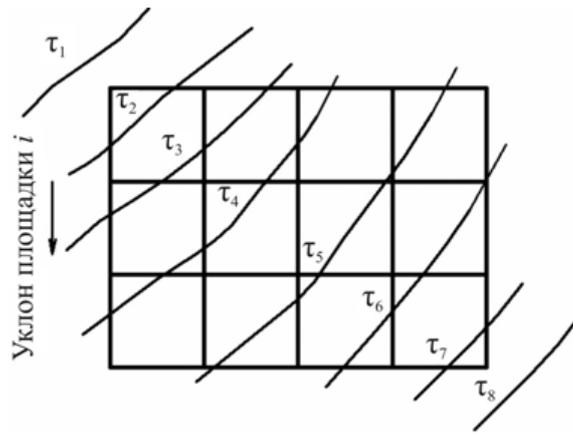


Рис. 14. План площадки с горизонталями:  $\tau_1, \dots, \tau_n$  — черные отметки земли

В состав земляных работ по вертикальной планировке площадки входят: разработка выемки, перемещение грунта из выемки в насыпь площадки, образование насыпи, транспортирование лишнего грунта в отвал или недостающего грунта из карьера, разравнивание грунта, доставленного из карьера, уплотнение грунта в насыпи, окончательная планировка площадки.

Вертикальную планировку площадки можно производить под заданную отметку или под отметку, определяемую из условия нулевого баланса земляных масс, при котором объемы грунта выемок и насыпей равны между собой. В последнем случае сначала определяют отметку планировки, а затем ведут подсчеты по той же методике, которая рекомендуется для площадок, планируемых под заданную отметку.

Порядок определения объемов насыпей и выемок следующий:

1. Производим расчет черных отметок. На чертеже плана площадки с горизонталями (см. рис. 14) вычисляем черные отметки земли. Черные отметки находят по заданным отметкам горизонталей (при  $\Gamma_2 > \Gamma_1$ ) (рис. 15) по следующим формулам:

$$\frac{\Gamma_2 - \Gamma_1}{L} = \frac{x}{a}; \quad (5)$$

$$x = \frac{(\Gamma_2 - \Gamma_1)a}{L}; \quad (6)$$

$$h = \Gamma_2 + x. \quad (7)$$

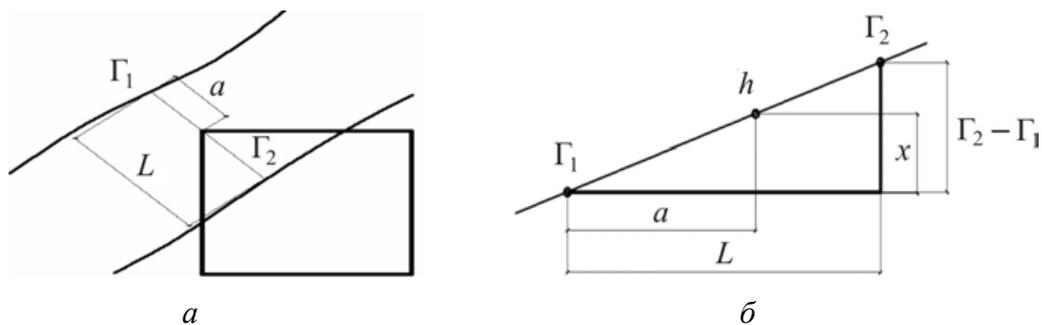


Рис. 15. Определение черной отметки:  $a$  — план;  $b$  — профиль

2. Определяем расчетную отметку площадки, планируемой с равенством объемов грунта выемок и насыпей. Ее можно рассчитать методами прямоугольных или треугольных призм.

**По методу прямоугольных призм** план площадки разбивают на равные прямоугольники (см. рис. 14) и расчетную отметку планировки определяют по формуле

$$H_0 = (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4) / 4n, \quad (8)$$

где  $H_0$  — отметка линии, проходящей перпендикулярно направлению заданного уклона посередине ширины площадки, вокруг которой будет повернута горизонтальная плоскость планировки;  $\sum H_1, \sum H_2, \sum H_4$  — сумма черных отметок таких углов планировочной сетки, в которых соответственно сходятся один, два, четыре угла элементарной фигуры;  $n$  — количество квадратов или прямоугольников, образованных на планировочной сетке.

**По методу треугольных призм** квадраты или прямоугольники планировочной сетки (см. рис. 14) дополнительно разбивают на равные треугольники (рис. 16) и расчетную отметку планировки определяют по формуле

$$H_0 = (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 6\sum H_6) / 3n, \quad (9)$$

где  $\sum H_1, \sum H_2, \sum H_3, \sum H_6$  — сумма черных отметок таких углов планировочной сетки, в которых соответственно сходятся один, два, четыре угла элементарной фигуры;  $n$  — количество треугольников, образованных на планировочной сетке.

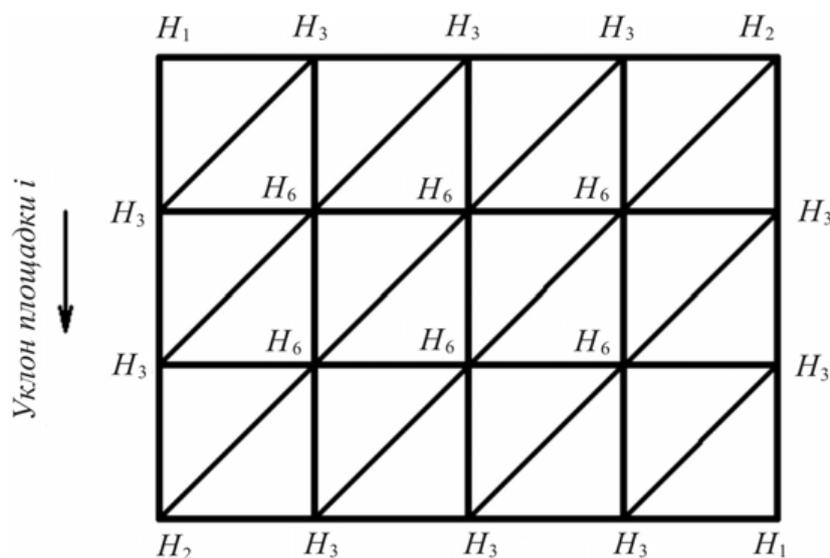


Рис. 16. Схема деления планировочной сетки площадки по методу треугольных призм

**Примечание.** Если план площадки имеет сложное очертание и его нельзя разделить на равные между собой элементарные фигуры, то расчетную отметку определяют **методом пропорциональных отметок**, со способом расчета по которому можно ознакомиться в справочной литературе, так как в рамках курсового проекта данный метод не используется.

3. Определяем красные и планировочные отметки площадки. Расчет красных отметок поверхности площадки, планируемой с уклоном и равенством объемов насыпей и выемок, производим **по методу поворота поверхности площадки вокруг линии с расчетной отметкой  $H_0$**  по формуле

$$H_i = H_0 \pm iL, \quad (10)$$

где  $H_0$  — расчетная отметка, определенная ранее;  $i$  — заданный уклон площадки;  $L$  — расстояние от линии поворота до точки, в которой определяется отметка  $H_i$ .

**Примечание.** Положение линии поворота площадки сложного очертания находят **методом подбора**, со способом определения по которому можно ознакомиться в справочной литературе, так как в рамках курсового проекта площадки сложного очертания не рассматриваются.

4. Определяем рабочие отметки площадки. Рабочие отметки вычисляются как разность между красной и черной отметкой по равенству

$$H_{кр} - H_{черн} = \pm h_{раб}. \quad (11)$$

Рабочие отметки со знаком «+» обозначают насыпь, т. е. грунт на данный участок площадки необходимо завезти и досыпать до проектной красной отметки; рабочие отметки со знаком «-» обозначают выемку, т. е. на данном участке площадки находятся излишки грунта, который необходимо разработать под планировочную красную отметку и вывезти.

Все отметки, необходимые для подсчета объемов насыпей и выемок, записываются в углах планировочной сетки с соответствующим знаком строго по схеме (рис. 17).



Рис. 17. Схема записи отметок в углах планировочной сетки

5. Определяем положение линии нулевых работ на площадке. Линия нулевых работ проходит через элементарные фигуры планировочной сетки, стороны которых имеют рабочие отметки разных знаков. Точки пересечения линии нулевых работ со сторонами фигур определяют графическим способом (рис. 18) и на чертеже плана площадки проводим линию нулевых отметок 0—0.

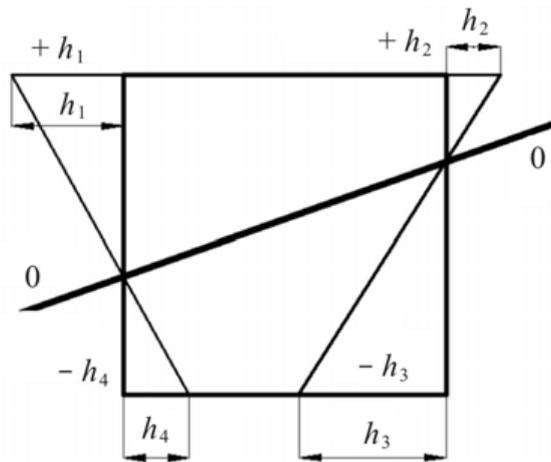


Рис. 18. Графическое определение положения линии нулевых работ на планировочной сетке площадки

б. Определяем объемы насыпи и выемки. Объемы насыпи и выемки в каждой отдельной фигуре планировочной сетки, имеющей отметки одного знака, подсчитывают по формуле

$$V = h_{\text{ср}} F, \quad (12)$$

где  $h_{\text{ср}}$  — средняя величина рабочих отметок углов элементарной фигуры;  $F$  — площадь данной элементарной фигуры (квадрат, прямоугольник, трапеция, треугольник).

В фигурах с отметками различного знака (так называемых фигурах со смешанными объемами) объемы подсчитывают отдельно. Один из способов подсчета объемов работ в фигурах со смешанными объемами приведен на рис. 19. Особенность данного способа заключается в том, что для определения площадей элементарных фигур необходимо сначала вычислить вспомогательные величины: (длины сторон фигур —  $a_1, a_2, b_1, b_2$ ), а затем определить промежуточные рабочие отметки (в данном примере —  $h_5$ ).

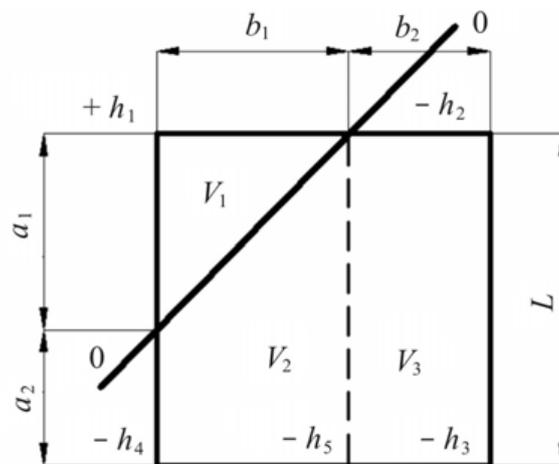


Рис. 19. Схема деления фигур планировочной сетки со смешанными объемами на элементарные фигуры

Далее объемы фигур для насыпи и выемки определяют по следующим формулам:

объем насыпи (фигура в виде треугольника)

$$V_1 = \frac{h_1 + 0 + 0}{3} \frac{a_1 b_1}{2}; \quad (13)$$

объем выемки (фигура состоит из двух элементарных фигур — трапеции и прямоугольника)

$$V_2 + V_3 = \frac{h_4 + h_5 + 0 + 0}{4} \frac{a_2 + L}{2} b_1 + \frac{h_5 + 0 + h_2 + h_3}{4} L b_2. \quad (14)$$

Для сокращения количества дополнительных вычислений при определении объемов грунта в фигурах со смешанными объемами наиболее целесообразным является использование следующего способа.

Сначала определяют разность объемов в фигуре со смешанными объемами (рис. 20) по формуле

$$W = \frac{\pm h_1 \pm h_2 \pm h_3 \pm \dots \pm h_n}{n} F, \quad (15)$$

где  $\pm h_1, \pm h_2, \pm h_3, \dots, \pm h_n$  — рабочие отметки в углах элементарной фигуры планировочной сетки, взятые соответственно со знаком (+) для насыпи или (-) для выемки;  $n$  — количество отметок, взятых по углам элементарной фигуры;  $F$  — площадь элементарной фигуры.

Значение  $W$  в данной формуле со знаком (+) указывает, что в фигуре со смешанными объемами объем насыпи больше объема выемки на величину  $W$  и наоборот.

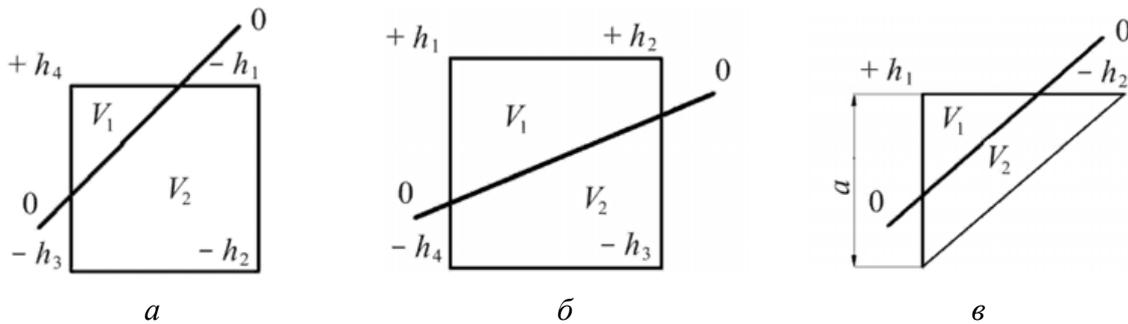


Рис. 20. Схемы определения смешанных объемов по методу: *a, б* — прямоугольных призм; *в* — треугольных призм

Затем определяют один из объемов  $V_1$ :

если элементарная фигура планировочной сетки, имеющая вид прямоугольника, делится линией нулевых работ на треугольник и пятиугольник (рис. 20, *a*), то

$$V_1 = \frac{F}{6} \left[ \frac{h_4^3}{(h_4 + h_1)(h_4 + h_3)} \right]; \quad (16)$$

если элементарная фигура планировочной сетки, имеющая вид прямоугольника, делится линией нулевых работ на два четырехугольника (рис. 20, б), то

$$V_1 = \frac{F}{4} \left[ \frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right]; \quad (17)$$

если элементарная фигура планировочной сетки имеет вид треугольника (рис. 20, в), то

$$V_1 = \frac{a^2}{6} \left[ \frac{h_3^3}{(h_3 + h_1)(h_3 + h_2)} \right], \quad (18)$$

где  $h_1, h_2, h_3, h_4$  — рабочие отметки в углах элементарной фигуры планировочной сетки, взятые в абсолютных значениях;  $F$  — площадь всей элементарной фигуры;  $a$  — длина катета прямоугольного треугольника (при подсчете объемов работ по методу треугольных призм).

Далее определяем объем  $V_2$  по формуле

$$V_2 = W \pm V_1. \quad (19)$$

Результаты подсчетов всех объемов насыпей и выемок в пределах планируемой площадки представляют в табличной форме, образец которой приведен в табл. 3.

Таблица 3

Данные об объемах насыпей и выемок на площадке

Номер фигуры планировочной сетки	Рабочие отметки, м				Средняя рабочая отметка $h_{\text{ср}}$ , м	Площадь фигуры $F$ , м <sup>2</sup>	Разность в объемах $W$ , м <sup>3</sup>	Объемы смешанных фигур, м <sup>3</sup>		Объемы в фигурах с отметками одинакового знака в углах, м <sup>3</sup>	
	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$				$V_1$	$V_2$	$H+$	$B-$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

Примечание. Объем насыпи, м<sup>3</sup>, определяем с учетом коэффициента остаточного разрыхления. Для растительных грунтов коэффициент остаточного разрыхления  $K_p = 3\%$ .

7. Определяем объемы грунта на планируемой площадке в откосах. Обеспечение устойчивости земляных сооружений является важнейшим требованием, предъявляемым к ним. Чтобы ее обеспечить, 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 грунта, их влажности, характера сооружений (постоянные или временные) и других факторов. **Наибольшая допустимая крутизна откосов котлованов и траншей глубиной до 5 м, отрываемых в нескальных грунтах выше уровня грунтовых вод (УГВ) или в грунтах, осушенных с помощью искусственного водопонижения, регламентируется СНиПами.**

Крутизну откосов при планировке площадок принимают 1 : 2 или соответственно  $m = 2$  согласно СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

При вертикальной планировке площадки откосы выемок и насыпей, примыкающие к линии нулевых работ, имеют форму трехгранной пирамиды, далее по периметру образуются неправильные трехгранные призмы (рис. 21).

Геометрические объемы откосов определяют по формулам

а) в случае трехгранной пирамиды

$$V_{\text{пир}} = \frac{L_2 m h_2^2}{6}; \quad (20)$$

б) неправильной трехгранной призмы

$$V_{\text{приз}} = \frac{L_1 m}{4} (h_1^2 + h_2^2), \quad (21)$$

где  $h_1$ ;  $h_2$  — значения рабочих отметок углов элементарной фигуры;  $L_1$  и  $L_2$  — длины оснований откоса насыпи или выемки;  $m$  — показатель откоса.

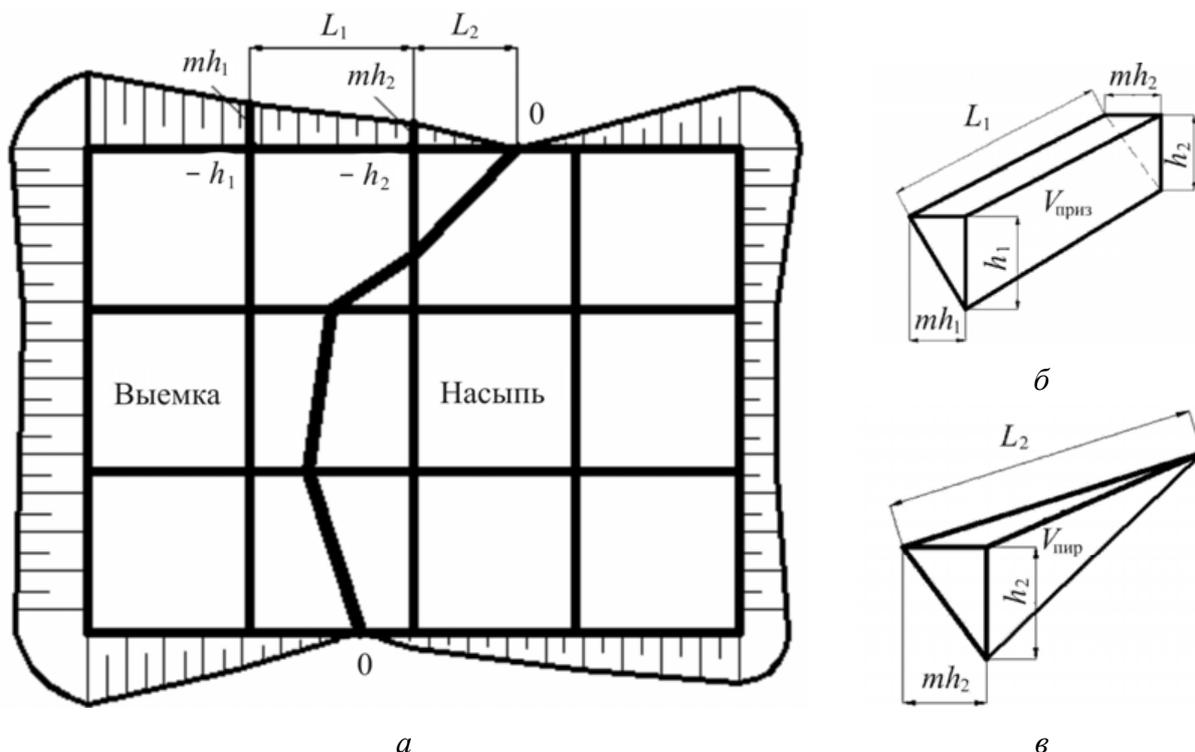


Рис. 21. Схема расчета откосов: а — план площадки; б, в — элементарные фигуры

Объемы грунта в откосах насыпи (с учетом коэффициента  $K_p$ ) или выемки рассчитываем по формуле

$$V_{\text{отк. выемки(насыпи)}} = \sum V_{\text{пир}} + \sum V_{\text{приз}}. \quad (22)$$

8. Определяем баланс земляных масс. Результаты подсчетов по вертикальной планировке площадки сводим в таблицу, образец которой приведен в табл. 4, и определяем в % расхождение в объемах насыпи и выемки.

Таблица 4

**Баланс земляных масс**

Объем	Геометрические объемы, м <sup>3</sup>		Объемы грунта с учетом коэффициента остаточного разрыхления $K_p$		
	насыпи (+)	выемки (-)	насыпи (+)	выемки (-)	расхождение в объемах, %
1	2	3	4	5	6
Основные					
В откосах					
Итого					
Излишки грунта					
Баланс					

9. Определяем среднюю дальность перемещения грунта. Производительность землеройно-транспортных машин в значительной степени зависит от дальности перемещения грунта. Дальность транспортировки грунта определяется по протяженности пути следования машины. В курсовом проекте эта величина может быть определена графоаналитическим или аналитическим методом.

Среднюю дальность перемещения грунта из выемки в насыпь при вертикальной планировке площадки определяем при помощи **статических моментов объемов** элементарных фигур по формуле

$$M_{x(y)} = Vx(y), \quad (23)$$

где  $x$  и  $y$  — расстояния от центра тяжести каждой из элементарных фигур планировочной сетки до координатных осей, за которые принимаем линии  $x-x$  и  $y-y$ , представляющие собой границы площадки;  $V$  — объемы элементарных фигур (прямоугольник, трапеция, треугольник), на которые делим площадку планировки (рис. 22).

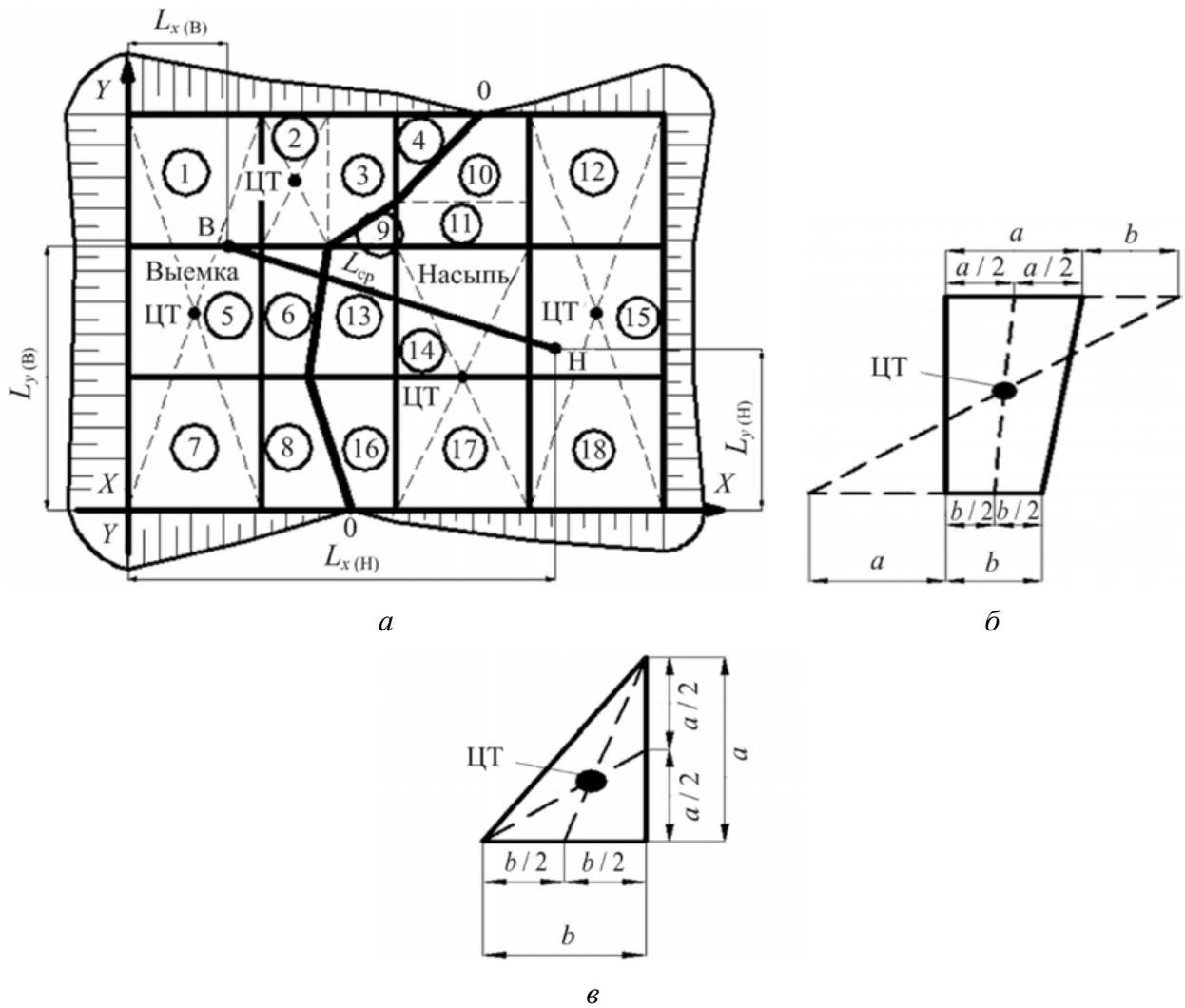


Рис. 22. Примеры графического определения центра тяжести (ЦТ) элементарных фигур на планируемой площадке и средней дальности перемещения грунта ( $L_{cp}$  с координатами ВН): а — нахождение центра тяжести прямоугольника; б — трапеции; в — треугольника

Данные для определения средней дальности перемещения грунта заносим в табл. 5, используя рис. 22.

Таблица 5

Данные для определения средней дальности перемещения грунта

Номер фигуры планировочной сетки	Выемки					Насыпи				
	Объемы $V, м^3$	Расстояния		Статические моменты		Объемы $V, м^3$	Расстояния		Статические моменты	
		$x$	$y$	$M_x$	$M_y$		$x$	$y$	$M_x$	$M_y$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Итого		—	—				—	—		

Координаты точек центров тяжести выемки В и насыпи Н определяем по формулам

$$L_x = \frac{V_1 x_1 + V_2 x_2 + \dots + V_n x_n}{V_1 + V_2 + \dots + V_n} = \frac{\sum M_x}{\sum V}; \quad (24)$$

$$L_y = \frac{V_1 y_1 + V_2 y_2 + \dots + V_n y_n}{V_1 + V_2 + \dots + V_n} = \frac{\sum M_y}{\sum V}, \quad (25)$$

где  $V_1, V_2, \dots, V_n$  — объемы грунта в элементарных фигурах 1, 2, ...,  $n$ ;  $x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_n$  — расстояние до координатных осей от центра тяжести фигуры соответствующего номера (соответствующих номеров);  $\sum M_x, \sum M_y$  — сумма статических моментов объемов всех фигур относительно осей  $x$  и  $y$ ;  $\sum V$  — сумма объемов грунта во всех фигурах планировочной сетки насыпи или выемки.

Определив координаты  $L_{x(B)}$  и  $L_{y(B)}$  точки В центра тяжести выемки и координаты  $L_{x(H)}$  и  $L_{y(H)}$  точки Н центра тяжести насыпи, среднее расстояние перемещения грунта  $L_{cp}$  получим графически, соединив точки В и Н или аналитически по формуле

$$L_{cp} = \sqrt{\left[ L_{x(H)} - L_{x(B)} \right]^2 + \left[ L_{y(B)} - L_{y(H)} \right]^2}. \quad (26)$$

### 5.3. Подсчет объемов работ при разработке котлована

Подсчет объемов работ при разработке котлована производится в следующем порядке:

1. Определяют площадь срезки растительного слоя бульдозером.

К габаритам здания в осях добавляется по 10 м с каждой стороны (рис. 23) и определяют площадь срезки растительного слоя бульдозером по формуле

$$S_{cp} = L_{пл} B_{пл}. \quad (27)$$

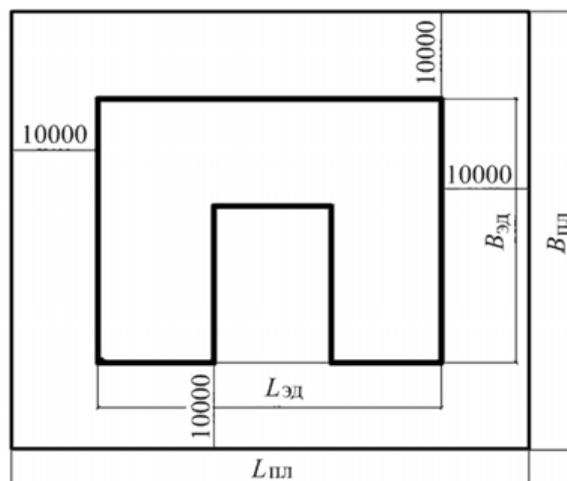


Рис. 23. Пример определения площади срезки растительного слоя

2. Определяют высотные отметки котлована. Для этого:
- определяют черные отметки земли (способ определения подробно рассмотрен при вертикальной планировке площадки);
  - определяют отметку дна котлована, используя рис. 24;

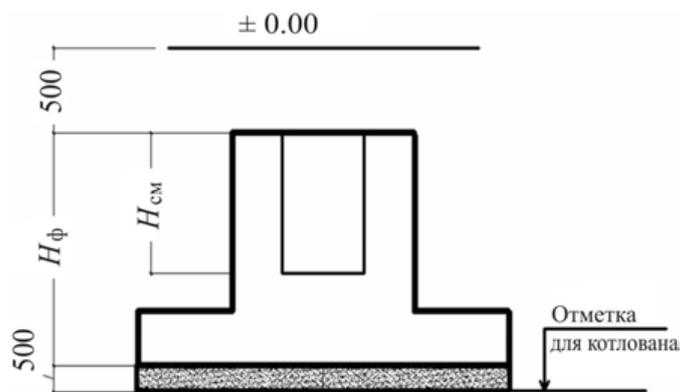


Рис. 24. Определение отметки дна котлована

- определяют заглубление котлована по углам (рис. 25).

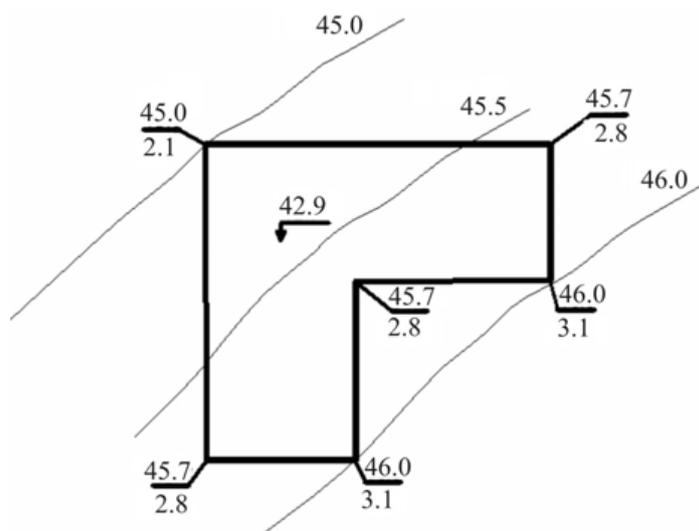


Рис. 25. Пример определения заглубления котлована по углам

Заглубление котлована по углам вычисляется как разность между угловой отметкой поверхности земли и отметкой дна котлована;

- определяют среднюю глубину котлована по формуле

$$H_{\text{ср}} = \sum h_{\text{уг}} / n, \quad (28)$$

где  $\sum h_{\text{уг}}$  — сумма всех глубин котлована по углам;  $n$  — количество углов котлована.

3. Определяют объемы земляных работ при разработке грунта экскаватором. Для этого:

- вычерчивают план котлована с откосами и разбивают его на элементарные фигуры (рис. 26);

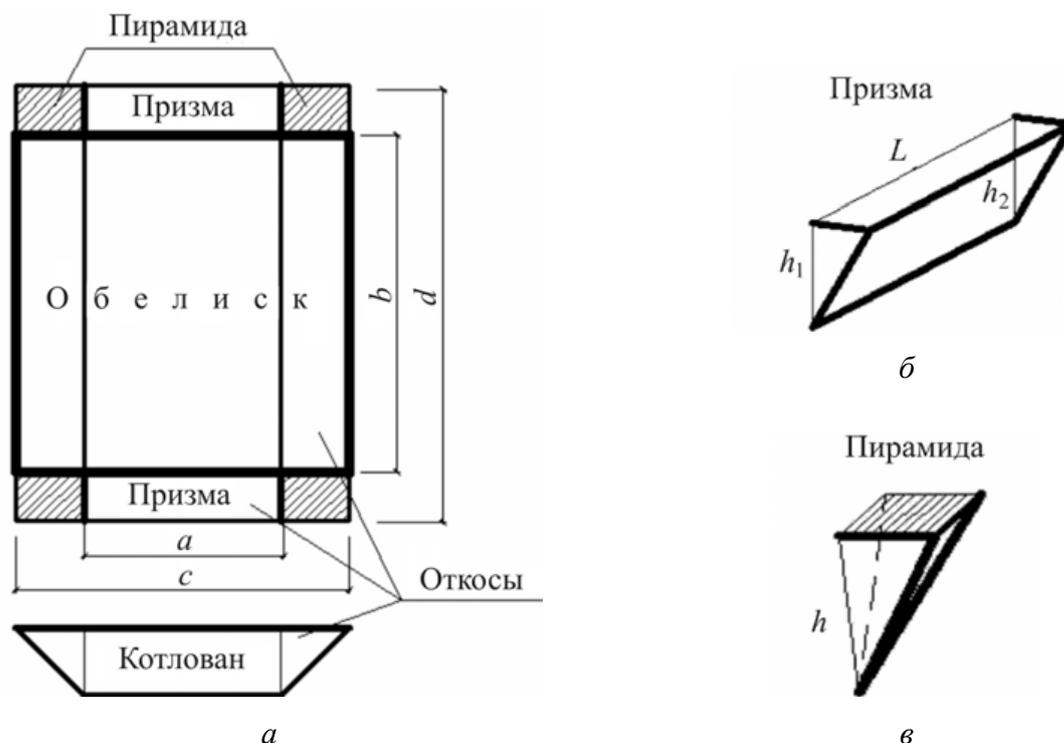


Рис. 26. Пример деления котлована на элементарные фигуры для определения объемов работ при его устройстве: *a* — обелиск; *б* — трехгранная призма; *в* — угловая четырехгранная пирамида

б) определяют геометрические размеры котлована понизу и поверху (рис. 27).

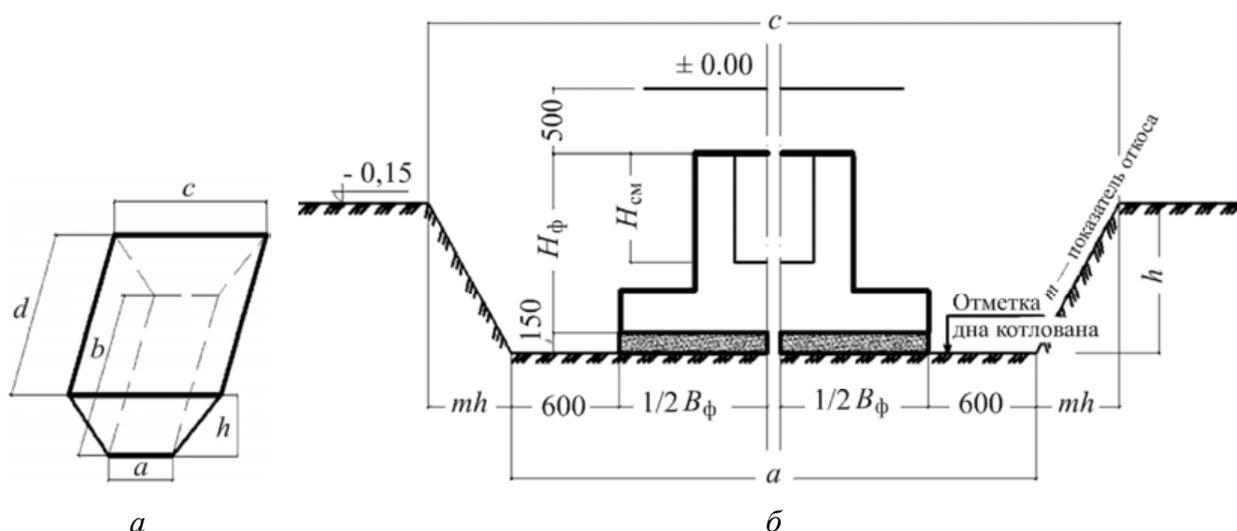


Рис. 27. Определение геометрических размеров котлована: *a* — общий вид котлована; *б* — привязка фундамента в котловане

Геометрические размеры котлована определяют согласно рис. 27, на котором *a* и *c* — ширина котлована понизу и поверху соответственно; *b* и *d* — длина котлована понизу и поверху;  $h_{cp}$  — глубина котлована; 600 мм, данный размер определен СНиП 12-04-02 «Безопасность труда в строительстве», п. 5.2.1.

Зная ширину котлована понизу и показатель откоса  $m$ , определяют размеры котлована поверху:

$$c = a + 2mh_{cp}, \quad (29)$$

где  $a$  — ширина котлована понизу;  $h_{cp}$  — средняя глубина котлована;  $m$  — показатель откоса котлована (прил., табл. П.2).

Объем обелиска определяют по формуле

$$V_{об} = \frac{F_1 + F_2}{2} b, \quad (30)$$

где  $b$  — длина участка между сечениями, м;  $F_1$  и  $F_2$  — площади начального и конечного поперечных сечений, м<sup>2</sup>, определяем по формулам

$$F_1 = \frac{a + c}{2} h_1; \quad (31)$$

$$F_2 = \frac{a + c}{2} h_2, \quad (32)$$

где  $h_1$  и  $h_2$  — средние отметки глубин котлована по данному сечению.

Объем грунта в откосах, м<sup>3</sup>, определяют по следующим формулам: треугольные призмы:

$$V_{пр} = \frac{mL}{4} (h_1^2 + h_2^2); \quad (33)$$

угловые четырехгранные пирамиды:

$$V_{уг.пир} = \frac{m^3 h^3}{3}; \quad (34)$$

Находим объем котлована

$$V_{котл} = \sum_{i=1}^n V_{об} + \sum_{i=1}^n V_{приз} + \sum_{i=1}^n V_{уг.пир}. \quad (35)$$

Для ввода механизмов в котлован, а также въезда и выезда автосамосвалов в торце (с наименьшими рабочими отметками) котлована устраивают въездную траншею (рис. 28).

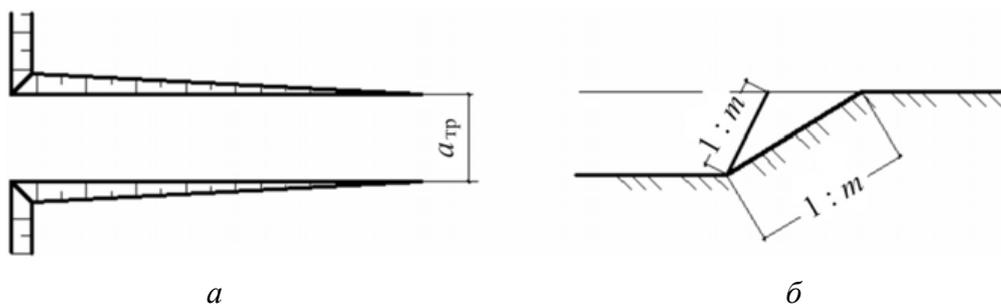


Рис. 28. Въездная траншея:  $a$  — план;  $b$  — профиль

Объем въездной траншеи,  $m^3$ , определяют по формуле

$$V_{\text{тр}} = \frac{h_{\text{ср}}^3}{6} \left( 3a_{\text{тр}} + 2mh_{\text{ср}} \frac{(m' - m)}{m'} \right) (m' - m), \quad (36)$$

где:  $h_{\text{ср}}$  — средняя глубина котлована, м;  $a_{\text{тр}}$  — ширина въездной траншеи по дну (принимается равной 7 м);  $m$  — показатель откоса котлована (грунт по заданию);  $m'$  — показатель откоса траншеи (уклон траншеи), (принимается равным 10).

Общий объем разработки грунта котлована равен

$$V_{\text{общ}} = V_{\text{котл}} + V_{\text{тр}}; \quad (37)$$

в) для определения площади зачистки дна котлована бульдозером вычисляют площадь котлована понизу (см. рис. 27, а):

$$S_{\text{зач}} = ab. \quad (38)$$

## 6. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ ГРУНТОВ

Механический метод основан на применении машин и механизмов при разработке, перемещении и укладке грунта. Ведущим процессом в данном комплексе является разработка грунта. Если машина только разрабатывает грунт, то она носит название землеройной. Если машина разрабатывает и перемещает грунт, то она называется землеройно-транспортной.

### 6.1. Разработка грунта землеройными машинами

К землеройным машинам относят одноковшовые экскаваторы циклического и непрерывного действия. Наибольшее применение имеют одноковшовые экскаваторы, которыми выполняется около 45 % всего объема земляных работ.

Зону, в которой действует экскаватор, называют **забоем**. В нее входят площадка, на которой находится экскаватор, часть массива грунта, разрабатываемого с одной стоянки, и площадка, на которой устанавливается транспорт под погрузку или размещается отвал грунта.

Рабочее место одноковшового экскаватора характеризуется следующими основными технологическими параметрами: максимально возможная высота копания  $+H$ , глубина копания (резания)  $-H$ , наибольший и наименьший радиусы копания на уровне стоянки экскаватора  $R_1$  и  $R_2$ , наибольший и наименьший радиусы выгрузки  $R_3$  и  $R_4$ , наибольшая и наименьшая высота выгрузки  $R_1$  и  $R_2$  (рис. 29).

**Экскаватор с прямой лопатой** используют для разработки грунтов, расположенных выше уровня стоянки экскаватора. Процесс выемки грунта осуществляется лобовым и боковым забоями, перемещением экскаватора по зигзагу. Выемки, глубина которых превышает максимальную высоту забоя для данного типа экскаватора, разрабатывают в несколько ярусов (рис 30, а).

**Экскаватор с обратной лопатой** используют при разработке грунтов, которые находятся ниже уровня стоянки экскаватора, преимущественно при рытье небольших котлованов и траншей. Поярусная разработка выемки при этом виде оборудования, как правило, не практикуется (рис. 30, б).

**Экскаватор-грейфер** применяют для рытья колодцев, узких глубоких котлованов, траншей и других сооружений, особенно в условиях разработки грунтов ниже уровня грунтовых вод (рис. 30, в).

**Экскаватор-драглайн** применяют для разработки грунтов, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора для рытья глубоких котлованов, широких траншей, возведения насыпей, разработки грунта из-под воды и т. п. Преимуществами драглайна являются большие радиусы действия (до 10 м) и глубина копания (до 12 м). Особенно эффективно разрабатываются драглайном мягкие и плотные грунты, в том числе обводненные. Разработку грунта драглайном осуществляют лобовыми и боковыми проходками. К месту загрузки автосамосвал подходит по дну выемки (рис. 30, г).

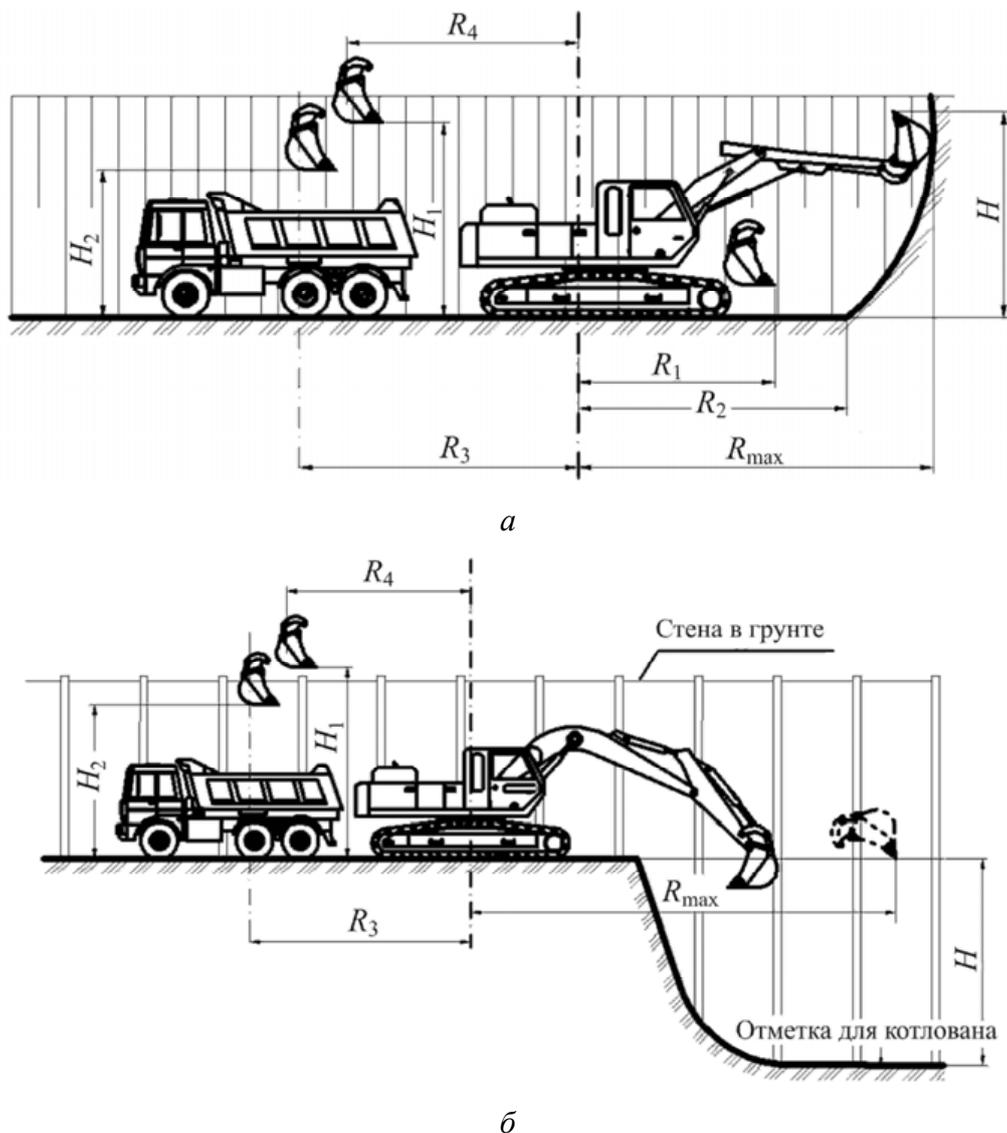


Рис. 29. Размерные параметры экскаватора: а — прямая лопата; б — обратная лопата



*а*



*б*



*в*



*г*

Рис. 30. Землеройные машины: *а* — прямая лопата с канатным и гидравлическим приводом; *б* — обратная лопата; *в* — грейфер; *г* — драглайн

**Многоковшовые экскаваторы непрерывного действия**, рабочим органом в которых является ковшовая цепь или ковшовый ротор. Экскаваторы с ковшовой цепью обеспечивают разработку траншей глубиной до 3, 0 м, а роторные — глубиной до 2, 5 м, преимущественно с откосами (рис. 31).



*а*



*б*

Рис. 31. Разработка грунта многоковшовыми траншейными экскаваторами: *а* — цепным экскаватором; *б* — роторным экскаватором

Разгружаются ковши в момент достижения ими наивысшей точки их траектории, где они опрокидываются. Высыпавшийся из них грунт попадает на ленточный конвейер, доставляющий его на погрузку в транспортные средства или отвал.

## 6.2. Разработка грунта землеройно-транспортными машинами

Основными видами землеройно-транспортных машин являются скреперы и бульдозеры, которые за один цикл разрабатывают грунт, перемещают его, разгружают в насыпь и возвращаются в забой порожняком (рис. 32).



Рис. 32. Разработка грунта: *а* — бульдозером; *б* — скрепером

Прицепные и полуприцепные **скреперы** наиболее эффективно применять при транспортировании грунта на расстояние до 1000 м, а самоходные — до 3000 м.

Скреперами ведут разработку, транспортирование и укладку грунтов I и II групп по трудности разработки (песчаные, супесчаные, лессовые, суглинистые, глинистые и др., не имеющие валунов, с примесью гальки и щебня в объеме не более 10 %). Более плотные грунты необходимо предварительно рыхлить. Полный цикл работы скрепера состоит из набора грунта, движения нагруженного скрепера, разгрузки ковша и движения порожнего скрепера. Скреперы набирают грунт тонкой прямой, клиновидной, гребенчатой, клевковой стружками (с переменным заглублением ковша скрепера).

В зависимости от характера возводимого сооружения, применяют следующие траектории движения скреперов: **эллиптическую** (линейно-протяженные насыпи и выемки глубиной до 2 м), **спиральную** (широкие насыпи и выемки глубиной до 2,6 м, 2-сторонние резервы), **восьмеркой** (те же условия, что и спираль, но чередует правые и левые повороты), **зигзагообразную** (насыпи высотой до 6 м из резервов по длине захвата более 200 м), **челночно-поперечную** (насыпи высотой менее 1,5 м из двухстороннего резерва) и **челночно-продольную** (насыпи до 6 м из двухсторонних резервов).

При вертикальной планировке площадей рекомендуются эллиптическая, спиральная и челночно-поперечная схемы движения скреперов (рис. 33).

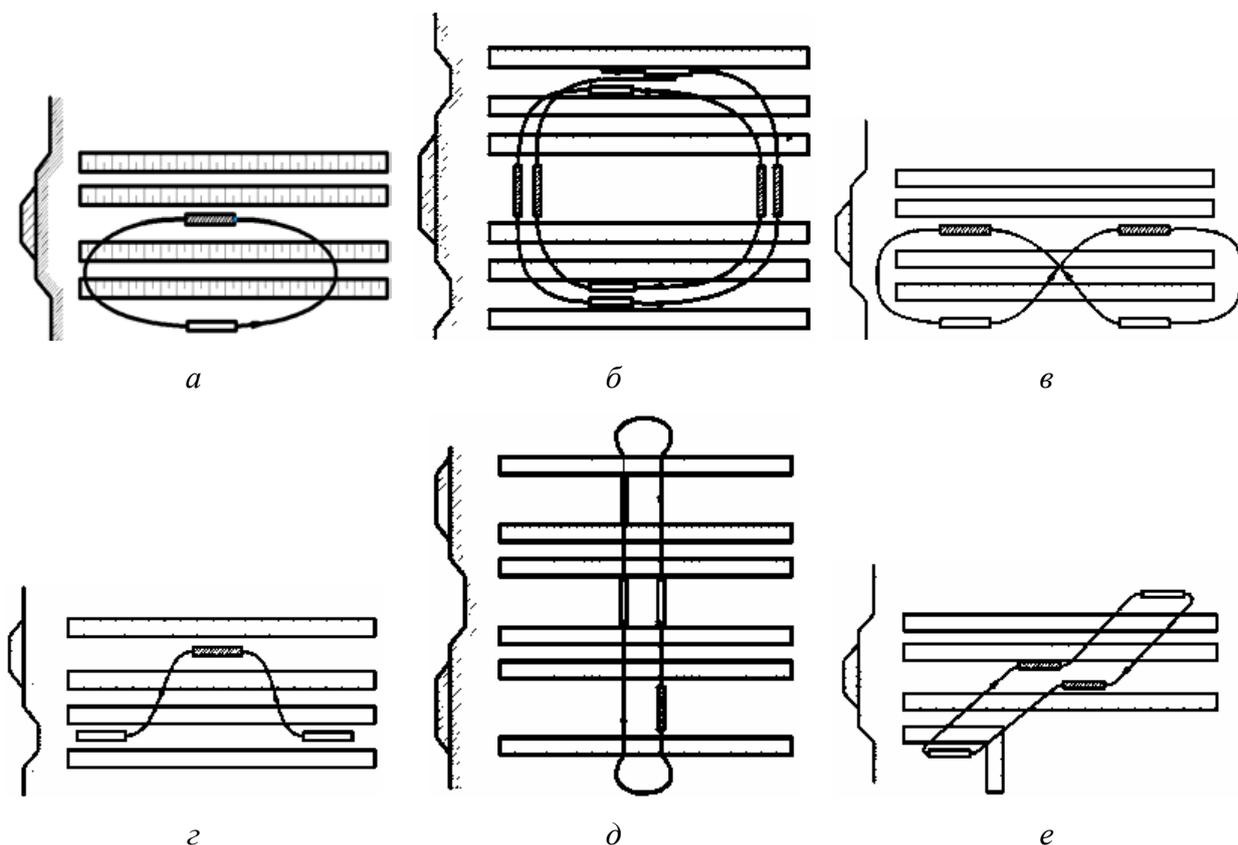


Рис. 33. Схемы движения скрепера: *a* — эллипс; *б* — спираль; *в* — восьмерка; *г* — зигзаг; *д* — челночно-поперечная; *е* — челночно-продольная

Тяжелые грунты, а также грунты с примесями, разработка которых затруднена, предварительно рыхлят на толщину срезаемой стружки. Для рыхления применяют рыхлители, являющиеся навесным или прицепным оборудованием к гусеничному трактору.

**Бульдозерами** разрабатывают грунт в неглубоких и протяженных выемках и резервах для перемещения его в насыпи на расстояние до 100 м (при использовании более мощных тракторов можно перемещать грунты и на большие расстояния). Бульдозеры применяют также для обратной засыпки траншей и пазух котлованов, зачистки дна котлованов после экскаваторных работ, для разравнивания и планировки грунта. Для уменьшения потерь отвалы оборудуются по бокам открылками ящичного типа.

Планировка площадок бульдозерами выполняется траншейным и послойным способами. При **траншейном способе** выемку разбивают на ярусы глубиной 0,4...0,5 м. При **послойном способе** выемку разрабатывают слоями на толщину снимаемой стружки за один проход бульдозера последовательно по всей ширине выемки или отдельным его частям. Этот способ используют при сложном очертании площадок и при небольшой глубине срезаки. Возвращается бульдозер в забой для повторения цикла при дальности перемещения до 70 м задним ходом без разворота машины. При разработке бульдозером особо плотных грунтов их предварительно следует рыхлить.

## 6.3. Уплотнение грунтов

Надежность функционирования земляных сооружений в решающей степени зависит от тщательности уплотнения грунта. Для большинства насыпей и засыпок пазух коэффициент уплотнения грунтов должен быть 0,90...0,98. Качество уплотнения грунта обуславливается прежде всего его гранулометрическим составом, исходной влажностью, видом и техническими характеристиками грунтоуплотняющих машин. Уплотняемость грунтов различного гранулометрического состава в значительной степени зависит также от характера внешнего воздействия, оказываемого на него уплотняющим средством. Основными способами уплотнения грунта являются укатка и трамбование.

В каждом конкретном случае способ уплотнения грунта и тип грунтоуплотняющей машины выбирают на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом свойств уплотняемого грунта, требуемой плотности при определенном количестве проходов или ударов грунтоуплотняющих машин, объема, сроков и условий производства работ.

### 6.3.1. Уплотнение грунтов укаткой

Уплотнение грунтов укаткой выполняют при планировочных работах, возведении различных насыпей, обратных засыпках траншей и пазух фундаментов. Уплотнение следует вести от краев насыпи к середине. Наибольшее распространение получило уплотнение грунта катками статического действия: гладкими, кулачковыми, пневмошинными (рис. 34).



Рис. 34. Уплотнение грунта катками: *а* — гладкими; *б* — кулачковыми; *в* — пневмошинными

Необходимую плотность грунта нельзя получить однократным приложением уплотняющей нагрузки. Обычно число проходов катков по одному месту составляет 6—8. Укаткой можно уплотнять грунты только на небольшую глубину, поэтому этот метод в основном применяется при послойном

возведении грунтовых подушек, планировочных насыпей, земляных сооружений, при подсыпке под полы. Уплотнение достигается многократной проходкой уплотняющих механизмов.

Грунт уплотняют путем последовательных круговых проходов катка по всей площади насыпи, причем каждая проходка должна перекрывать предыдущую на 0,2...0,3 м. Закончив укатку всей площади за один раз, приступают ко второй проходке.

За уплотненную зону принимают толщу грунта, в пределах которой плотность скелета грунта не ниже заданного в проекте. Уплотнение оптимальной толщины уплотняемого слоя грунта и числа проходов используемых механизмов производится на основании опытных работ и указывается в проекте производства работ.

### 6.3.2. Трамбование грунтов

Трамбование грунтов может осуществляться либо посредством приложения на грунт ударной нагрузки путем сбрасывания с высоты тяжелой трамбовки, либо вибрированием.

В результате **трамбования посредством приложения на грунт ударной нагрузки** под основанием и вокруг него образуется уплотненная зона, в пределах которой ликвидируются просадочные свойства грунта, повышаются его плотность и прочностные характеристики. Данный способ применяется для уплотнения главным образом связных грунтов, обладающих явно выраженной пластической деформативностью. Трамбовочными плитами массой 2...7 т, подвешенными к кранам или экскаваторам, уплотняют песчаные и глинистые грунты при толщине отсыпаемого слоя 0,4...1 м и количестве ударов 1...5. Недостатком этого способа является повышенная изнашиваемость крана или экскаватора.

**Вибрирование** используется для уплотнения песчаных грунтов, в которых отсутствуют или ничтожно малы силы сцепления. Колебания минеральных частиц, вызванные виброустановками, обеспечивают наиболее плотную их укладку. На качество уплотнения оказывает существенное влияние не только гранулометрический состав грунта, но и характеристики виброуплотнителей, такие как частота и амплитуда колебания, площадь опорной части, масса. Толщина слоя, уплотняемого современными вибрационными машинами, составляет 30...50 см.

В зависимости от формы трамбовки (штампа) получают выемки различной конфигурации: квадратные, прямоугольные, шестиугольные или круглые. Высота трамбовки составляет 1...3,5 м. Масса трамбовки находится в пределах 2...10 т. На эффективность вытрамбовывания влияет ряд факторов, к которым относят параметры трамбования (массу трамбовки  $m$ , высоту сбрасывания  $H$ , энергию удара  $\mathcal{E} = mH$ ) и грунтовые условия (вид, плотность и влажность фунта). Для вытрамбовывания используют краны-экскаваторы, автокраны, тракторы с навесным оборудованием (рис. 35).



*a*



*б*

Рис. 35. Трамбовочные навесные виброплиты: *a* — шестигранная, немецкой компании Stehr; *б* — четырехгранная, американской компании Gramac

В последние годы в практику строительства входят средства малой механизации (СММ), предназначенные для утрамбовывания грунта, мелкого гравия. Они применяются при ландшафтном планировании выполнения работ, связанных с ремонтом и содержанием дорог, строительством пешеходных дорожек, тротуаров, игровых и спортивных площадок, теннисных кортов. СММ используются там, где существуют жесткие требования к мобильности, маневренности и простоте обслуживания. Для трамбования грунтов чаще всего используются виброплиты и вибротрамбовки (рис. 36).



*a*



*б*

Рис. 36. Средства малой механизации: *a* — виброплита с поступательным движением; *б* — вибротрамбовка

#### 6.4. Переработка грунта гидромеханическим методом

Гидромеханический метод основан на использовании воды для переработки грунта. Применение этого метода целесообразно при больших объемах работ, необходимости устройства насыпей с минимальной осадкой, при наличии достаточных ресурсов воды и электроэнергии.

При гидромеханизации все три составляющие земляных работ (разработка, транспортировка, укладка грунта) объединяют в производственный непрерывный процесс, который обуславливает высокую эффективность и ма-

лую трудоемкость этого способа. Технологический процесс гидромеханизации включает разработку грунта в забое и перевод его в полужидкую массу (пульпу), транспортирование и укладку (намыв) пульпы в сооружение или в отвал. Широко применяется гидромеханизированный способ в гидротехническом строительстве, при добыче строительного песка и гравия, а также при намыве территории. Осуществляется способ при помощи гидромонитора или плавучего землесосного снаряда (гидромониторный и землесосный способы гидромеханизации). При надводных работах грунт разрабатывают гидромониторами, а при подводных — плавучими землесосными снарядами (рис. 37). Принцип действия гидромонитора основан на разрушении и смыве грунта струей воды, а землесосного снаряда — на всасывании разжиженного грунта (пульпы) со дна водоемов и подаче его с помощью мощного центробежного насоса по напорному трубопроводу для намыва насыпи.



Рис. 37. Разработка и перемещение грунта: *а* — гидромониторами; *б* — плавучим землесосным снарядом

Разработку грунта в забое осуществляют двумя способами: **размывом струей воды (мониторный способ)** и **размывом-засасыванием (рефулерный способ)**. Первый способ применяют при разработке грунта в надводных, а второй — в подводных забоях.

В надводных забоях сухой грунт размывают гидромониторным способом. Гидромонитор представляет собой стальной ствол с насадкой (50...175 мм) и шарнирными сочленениями, обеспечивающими вращение ствола в вертикальной и горизонтальной плоскостях для направления водяной струи на фронт забоя. Вода подступает к гидромонитору по трубопроводу под значительным давлением.

Разработка грунта может производиться **встречным забоем** (рис. 38, *а*), когда гидромонитор располагается на подошве забоя и размыв ведут снизу-вверх, или **попутным забоем** — с расположением гидромонитора над фронтом забоя и размывом грунта сверху вниз (рис. 38, *б*).

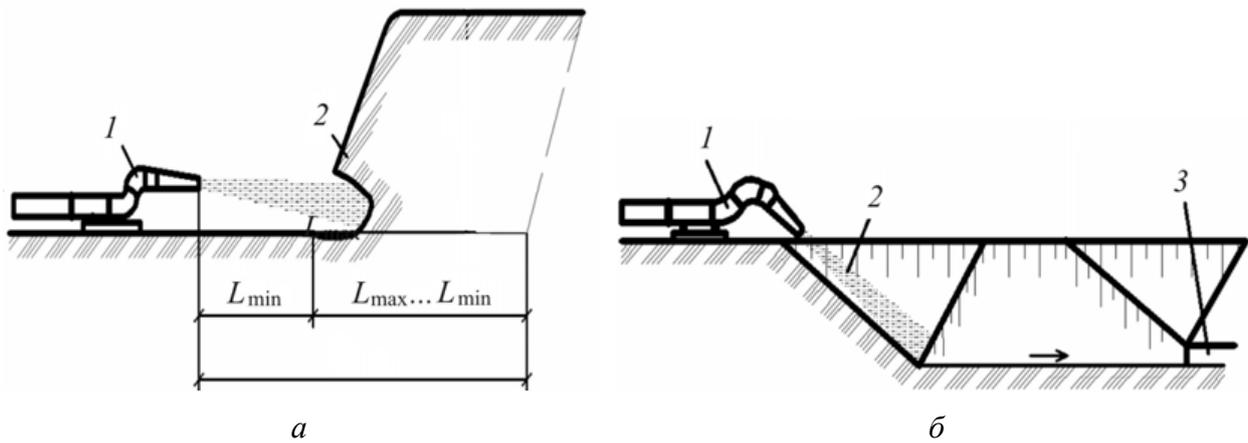


Рис. 38. Гидромониторный способ разработки грунта: *а* — встречным забоем; *б* — попутным забоем: 1 — гидромонитор; 2 — фронт забоя; 3 — канава отвода пульпы

В подводных забоях грунт разрабатывают землесосным способом. При этом грунт всасывается землесосным снарядом и перекачивается к месту укладки в виде пульпы (рис. 39). Укладка (намыв) грунта происходит в результате оседания частиц грунта из пульпы. Возводимую насыпь разбивают в плане на карты-захватки. По контуру очередной карты бульдозером возводят земляной вал на высоту намываемого слоя пульпы и наращивают установленный ранее в пределах карты водосбросный (дренажный) колодец с выпускаемой трубой.

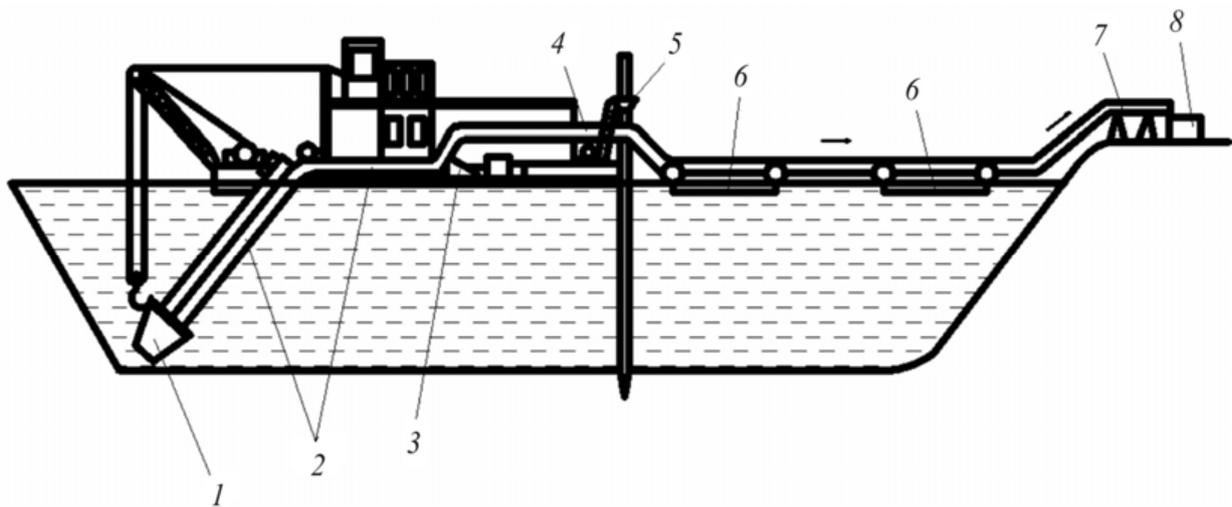


Рис. 39. Землесосный способ разработки грунта: 1 — грунтозаборное устройство; 2 — всасывающий трубопровод; 3 — грунтовый насос; 4 — напорный пульпопровод; 5 — свайный ход; 6 — плавучий пульпопровод; 7 — береговой пульпопровод; 8 — укладка грунта

При **эстакадном способе** подачи пульпы (рис. 40, *а*) магистральный пульпопровод на участке намыва размещают на эстакаде, превышающей по высоте возводимую насыпь, и выдают из него пульпу поочередно на карты намыва. При **безэстакадном способе** (рис. 40, *б*) магистральный пульпопровод укладывают вдоль основания возводимой насыпи (с одной или двух сторон в зависимости от ее размеров и местных условий рельефа).

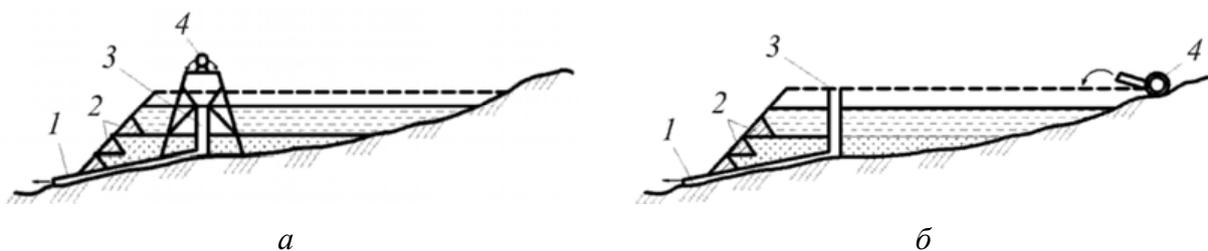


Рис. 40. Намыв грунта: *а* — эстакадным способом; *б* — безэстакадным способом: 1 — водо-выпускная труба; 2 — грунтовые валы (обваловывание); 3 — водосборный колодец (дренаж); 4 — магист-ральный пульпопровод

Возведение насыпей методом намыва обеспечивает значительную плотность грунта, в связи с чем к искусственному уплотнению грунта не прибегают, а придают насыпи небольшой (1,5 % при суглинистых и супесчаных и 0,75 % при песчаных грунтах) запас высоты на последующую усадку.

## 6.5. Разработка грунта бурением

В строительстве бурение используют при исследовании свойств и качества фунтов, определении уровня грунтовых вод, устройстве скважин водоснабжения и водопонижения грунтовых вод, устройстве свайных фундаментов, искусственном закреплении грунтов и т. п. Буровые выработки делают в виде шпуров и скважин.

**Шпур** — это цилиндрические выработки диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м. **Скважины** — выработки более глубокие с диаметром, превышающим 75 мм.

По характеру образования буровых выработок различают бурение сплошным забоем и колонковое. При **бурении сплошным забоем** всю породу в скважине разрушают и удаляют в разрушенном виде. При **колонковом бурении** разрушение породы происходит лишь по кольцевой поверхности забоя, а внутреннюю часть породы в виде цилиндра (керна) извлекают из скважины целиком.

Технологический процесс механического бурения состоит из разрушения породы и транспортирования ее на поверхность, обеспечения устойчивости стенок буровых выработок и вспомогательных операций. Грунт в забое разрушают резанием, истиранием, ударами, сколом и комбинированным воздействием (например, истиранием и ударом).

Транспортирование на поверхность измельченного грунта осуществляют двумя методами: **гидравлическим**, при котором грунт удаляется путем вымывания его водой, направляемой в выработку под давлением, и **сухим**, когда измельченный грунт удаляют сжатым воздухом.

Механическое бурение в основном ведут тремя способами (рис. 41). **Ударное бурение** (бурение ударом) осуществляют пневматическими бурильными молотками — перфораторами. Они обеспечивают бурение шпуров глубиной до 5 м. При **вращательном способе бурения** порода забоя истирается, ее режут или скалывают буровым инструментом, жестко закрепленным

на нижнем конце вращающейся штанги. Бурение применяют для скважин диаметром 100...200 мм и глубиной до 50 м. **Ударно-вращательное бурение** применяют для бурения скважин диаметром 100...200 мм, глубиной до 30 м в труднобуримых породах.



Рис. 41. Механическое бурение грунта: *а* — ударным методом (буровая установка ударно-канатного бурения); *б* — вращательным методом (установки вращательного бурения); *в* — ударно-вращательным методом (буровой станок ударно-вращательного бурения)

## 6.6. Разработка грунта взрывом

Взрывным способом в основном рыхлят скальные породы с последующей их разработкой землеройными машинами и скалоуборочными механизмами. С помощью взрывов возводят земляные насыпи и перемычки, устраивают (на выброс) выемки для котлованов, дорог и т. п. Взрывным способом дробят мерзлые грунты, уплотняют грунты и др.

По месту расположения **заряды могут быть наружными** (накладными), располагаемыми на поверхности разрушаемого объекта, и **внутренними**, располагаемыми внутри разрушаемого объекта (в шпурах, скважинах, рукавах, камерах и др.).

Метод шпуровых зарядов состоит в том, что в породе выбуривают шпуры глубиной до 10 м, в которые помещают заряды. Метод скважинных зарядов отличается от шпурового только тем, что заряды размещают в скважинах диаметром до 300 мм и глубиной до 30 м. Скважины бурят ниже подошвы забоя (перебур) на глубину 1,2 м. Скважинные заряды взрывают электрическим способом; сеть обязательно дублируют. Производство взрывных работ связано с определенной опасностью, требует правильных расчетов зарядов, а также специально обученного персонала, имеющего право на руководство взрывными работами (инженерно-технические работники) и выполнение их (рабочие). Поэтому в строительстве взрывными работами занимаются, как правило, специализированные организации.

## 6.7. Разработка грунта бестраншейным методом

В обычных условиях для прокладки трубопроводов, коммунальных и транспортных туннелей и т. п. отрывают траншею. Иногда отрыть траншею не представляется возможным, например, при пересечении трассой трубопровода транспортной магистрали с интенсивным движением, которое невозможно прервать даже на относительно короткий срок. В этих условиях прибегают к так называемому бестраншейному (закрытому) методу разработки грунта. Бестраншейный метод предусматривает устройство подземных выработок непосредственно в грунте, т. е. без его вскрытия. Бестраншейный метод реализуется в основном способами: прокол, продавливание, бурение (рис. 42).



*а*



*б*



*в*

Рис. 42. Установки для бестраншейной разработки грунта: *а* — бестраншейная прокладка трубопровода (прокол); *б* — домкратное продавливание футляров (продавливание); *в* — горизонтально-направленное бурение

**Прокол** основан на образовании отверстий за счет радиального уплотнения грунта при вдавливании в него трубы с коническим наконечником. Вдавливание производят гидравлическим домкратом (рис. 43, *а*). В котловане укладывают звено трубы с наконечником и вдавливают в грунт на длину хода штока, а затем, после возвращения штока в начальное положение, вводят на их место нажимной патрубок (шомпол) и процесс повторяют. По окончании

вдавливания первого звена трубы на полную длину шомпол убирают, а в котлован опускают следующее звено, которое приваривают встык к уже вдавленному, в грунт. После этого производят вдавливание наваренного звена, и циклы повторяют до выполнения прокола на всю требуемую длину (передвижение за каждый цикл равно 150 мм). Метод допускает в хорошо сжимаемых грунтах прокалывание труб диаметром 100...400 мм на глубине более 3 м при длине проходки до 60 м. В малосжимаемых грунтах (песок, супесь) для обеспечения устойчивости стенок дополнительно к горизонтальному усилию необходимо применять поперечное и вибрационное воздействие, что позволяет получать отверстия диаметром до 300 мм. Производительность проходки — 1,5...2 м/ч.

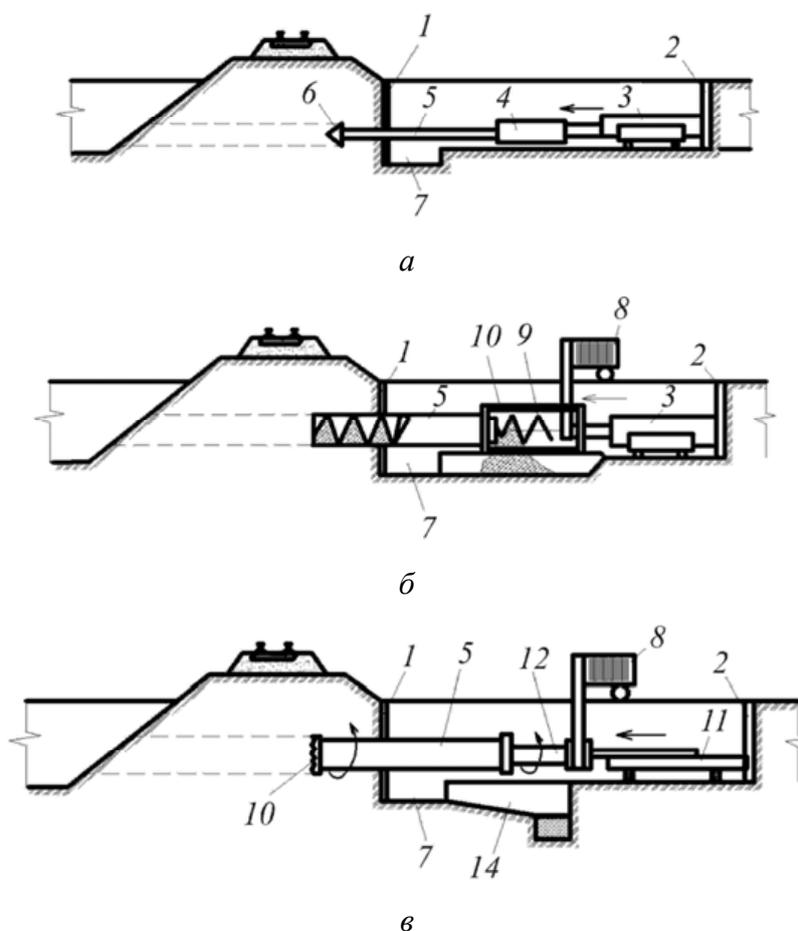


Рис. 43. Схемы разработки грунта бестраншейным методом: *а* — прокалывание; *б* — продавливание; *в* — горизонтальное бурение: 1 — крепление передней стенки рабочего котлована; 2 — упор, устанавливаемый на задней стенке рабочего котлована; 3 — гидравлический домкрат; 4 — шомпол; 5 — труба; 6 — конический наконечник; 7 — приямок для наращивания трубы; 8 — привод; 9 — шнековое устройство для извлечения грунта из трубы; 10 — рама, передающая давление; 11 — речный домкрат; 12 — вращающийся шпindel; 13 — режущая коронка; 14 — лоток и приямок для пульпы

**Продавливание** применяют для прокладки стальных труб диаметром 500...1800 мм или коллекторов квадратного или прямоугольного сечения на расстояние до 80 м. Метод основан на последовательном вдавливании в грунт звеньев труб со сваркой и разработкой грунта внутри трубы и удалении его посредством шнековой установки (см. рис. 43, *б*). Применяется

и гидромеханический метод разработки путем размыва грунта внутри трубы струей воды и последующей откачки пульпы насосом. Трубы используют часто как футляры для размещения в них основных трубопроводов. Скорость проходки не превышает 3 м в смену.

**Бурение** применяют для прокладки в глинистых фунтах трубопроводов диаметром 800...1000 мм на длину 80...100 м. Конец трубы снабжают режущей коронкой увеличенного диаметра, труба приводится во вращение от мотора, установленного на бровке котлована. Поступательное движение трубы обеспечивается реечным домкратом с упором в заднюю стенку котлована. Удаление грунта, заполняющего трубу изнутри, может производиться также, как в предыдущем случае (см. рис. 43, в). Производительность проходки — 4...5 м/ч.

## **7. ВЫБОР СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ, МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

### **7.1. Общие сведения**

При современном развитии техники имеются все возможности производства земляных работ механизированным способом. Наиболее эффективной формой механизации является комплексная механизация, предусматривающая такой способ выполнения строительных процессов, при котором комплект машин и механизмов по производительности и техническим характеристикам обеспечивает выполнение работ в заданные сроки с наименьшими материальными затратами.

Комплексная механизация без рациональной технологии не может обеспечить надлежащее снижение трудоемкости и стоимости земляных работ. Поэтому большое значение в курсовом проектировании должно уделяться разработке организационных мероприятий, обеспечивающих качественное выполнение как отдельных строительных процессов, так и работ в целом. Принятые способы производства, кроме их технической целесообразности должны быть подкреплены технико-экономическими расчетами.

В курсовом проектировании выбор способов производства земляных работ осуществляется в такой последовательности:

1) на основе ознакомления с учебной и технической литературой о рациональных способах ведения тех или иных работ, а также отбора наиболее приемлемых для данного случая технологических схем, намечаются варианты способы производства работ;

2) для каждого варианта выбирается типоразмер ведущей машины, исходя из условий и сроков строительства, а затем подбираются другие машины, необходимые для комплексной механизации работ;

3) определяются производительность машин, количество машинного времени и затрат труда рабочих, стоимость эксплуатации машин, состав и квалификация рабочих, разрабатываются схемы способов производства работ;

4) делается технико-экономическое сравнение вариантов по себестоимости, трудоемкости и продолжительности ведения работ.

## 7.2. Технология ведения работ и выбор комплектов машин при строительстве теплотрассы

### 7.2.1. Выбор комплектов машин

При производстве работ широко используется высокопроизводительная техника и механизмы, образующие поточную схему выполнения земляных работ — экскаваторы, бульдозеры, автосамосвалы, применение которых позволяет получить практически полную механизацию работ.

Целью выбора необходимых механизмов является определение, на основании приведенного выше расчета объемов земляных работ, комплекта землеройных и транспортных машин.

Выбор типоразмера необходимого экскаватора ведется по максимальной глубине копания машины, соответствующей наибольшей величине рабочей отметки  $H_i$  (см. рис. 11). Правильность подбора машин проверяется по формуле

$$(b + B_{i \max}) / 2 + a + b_0 / 2 < R, \quad (39)$$

где  $B_{i \max}$  — максимальный размер по верху траншеи, м;  $a$  — расстояние от края траншеи до края отвала, м ( $a = 0,5 \dots 1$  м);  $b$  — ширина траншеи понизу (см. рис. 11);  $b_0$  — ширина отвала (см. рис. 13).

Если вышеприведенное неравенство выполняется, то экскаватор следует ставить по оси траншеи, при этом места для размещения отвала грунта с одной стороны будет достаточно. В противном случае экскаватор необходимо сместить от оси траншеи в сторону отвала грунта на величину  $c$ , м, равную

$$c = (b + B_{i \max}) / 2 + a + b_0 / 2 - R. \quad (40)$$

После этого приводится краткая техническая характеристика выбранного экскаватора (ЕНиР. Сб. 2: Земляные работы. Механизированные и ручные земляные работы. Вып. 1).

Выбор самосвала ведут исходя из условия, что объем кузова автосамосвала  $V_{\text{куз}}$  обычно составляет  $(3 \div 8)$  объемов ковшей экскаватора. Определив тип самосвала, также приводят его краткую техническую характеристику. (Земляные работы: Справочник строителя / под ред. А. К. Рейша. — М., 1984. — 320 с.)

Завершают подбор комплекта машин определением необходимого их количества и общей продолжительности их работ.

Выбрав необходимые механизмы, приступают к построению технологической карты процесса. Для этого на отдельном листе вычерчивают схему расположения механизмов относительно оси траншеи, стоянку экскаватора под погрузкой, положение отвала грунта, необходимого для обратной засыпки траншеи после полного монтажа трубопровода (рис. 44).

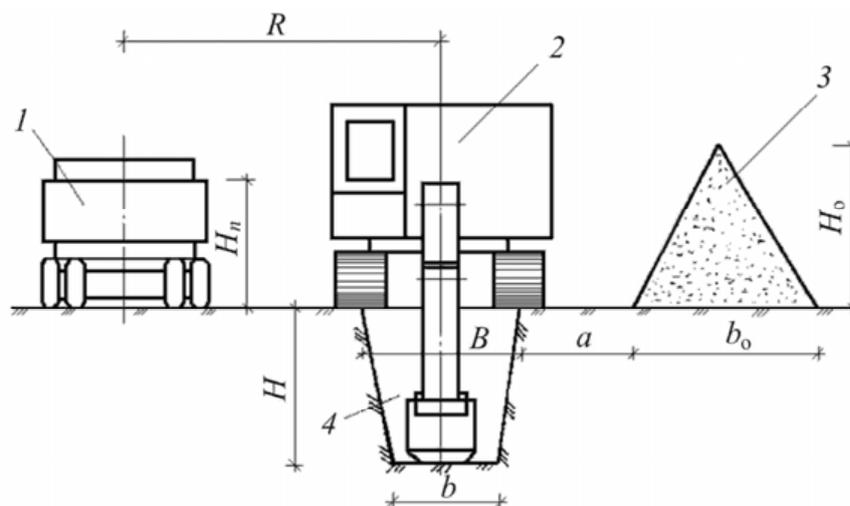


Рис. 44. Схема выемки грунта с односторонним отвалом: 1 — автосамосвал; 2 — экскаватор; 3 — отвал грунта; 4 — траншея

### 7.2.2. Выбор технологической схемы производства работ по монтажу участка теплотрассы

Технология монтажа трубопроводов зависит от их назначения, вида прокладки, типа труб и т. д. Особенности монтажа трубопроводов состоят в том, что их монтируют из отдельных элементов (труб) сравнительно небольшой длины, в связи с чем приходится устраивать большое количество стыков, что увеличивает трудоемкость и стоимость работ. Для уменьшения этих показателей осуществляют предварительное укрупнение труб в отдельные звенья или секции из двух, трех и большего числа труб. Монтаж трубопроводов сопряжен с необходимостью соединения труб (сварные, раструбные, фланцевые и т. д.).

В состав работ по монтажу участка теплотрассы включают следующие процессы:

- сборка труб в плети на бровке траншеи;
- сварка труб в плети на бровке траншеи;
- укладка плетей труб в траншею;
- сварка плетей труб в траншее;
- предварительное испытание трубопровода;
- устройство антикоррозийной защиты стыков;
- окончательное испытание трубопровода.

Должна быть разработана технологическая схема выполнения монтажно-го процесса с указанием разбивки на технологические зоны (рис. 45):

- зона I — сборка и сварка трубопровода на бровке траншеи;
- зона II — укладка и сварка трубопровода в траншее;
- зона III — испытание трубопровода.

Выбор количественного и качественного состава звеньев рабочих зависит от объема выполняемых работ и их сложности. При этом следует иметь в виду, что некоторые операции может выполнять одно и то же звено рабочих, например, операции предварительного и окончательного испытания трубопровода. Результаты расчета необходимы для составления плана-графика производства работ.

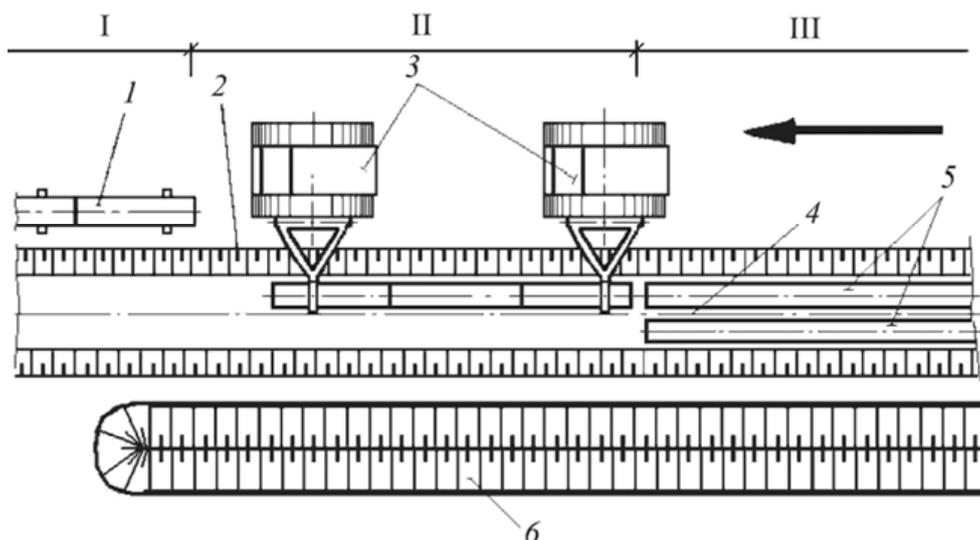


Рис. 45. Схема монтажа участка трубопровода: I — зона сборки труб в плети на бровке траншеи; II — зона укладки плетей труб в траншею; III — зона испытаний трубопровода: 1 — плети труб; 2 — траншея; 3 — трубоукладчики; 4 — ось траншеи; 5 — трубопровод; 6 — отвал грунта

План-график производства работ является документом, в котором увязываются все процессы по срокам выполнения и технологической зависимости друг с другом. План-график состоит из расчетной и графической частей. Расчетная часть представляет собой табличную форму, а графическая — взаимоувязанный график работы машин и механизмов. План-график производства работ выполняется на отдельном листе (табл. 6). В нем должны быть указаны все виды выполняемых работ: монтажные, сварочные и испытания, определена продолжительность (в днях) каждой операции. Для этого составляется калькуляция (табл. 7), т. е. на основании объемов работ и данных по нормам времени на единицу объема работы вычисляется время, за которое выполняются данные операции.

Таблица 6

План-график производства работ по монтажу участка теплотрассы

Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	Защиты труда, чел.-см	Состав звена рабочих	Рабочие дни					
					1	2	3	4	5	и т. д.
1. Сборка труб на бровке траншеи	пог. м									
2. Сварка труб на бровке траншеи	пог. м ст.									
3. Укладка плети труб в траншею	пог. м									
4. Сварка труб в траншее	пог. м ст.									
5. Предварительное испытание трубопровода	пог. м									
6. Антискоррозионная изоляция стыков	пог. м ст.									
7. Окончательное испытание трубопровода	пог. м									

Калькуляция трудовых затрат

Номер	Обоснование ЕНиР	Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	Норма времени, маш.-ч.	Затраты труда на весь объем маш.-см.
1	2	3	4	5	6	7

### 7.3. Технология ведения работ и выбор комплектов машин при вертикальной планировке площадки

При производстве земляных работ по вертикальной планировке площадки представляется право выбора марок и видов машин и механизмов в зависимости от условий работ, категорий грунтов и наличия машин в управлениях механизации. Планировочные работы на площадках, имеющих срезку и подсыпку, выполняют комплектом машин, который обеспечивает их технологическую связь и осуществление работ в заданные сроки с наименьшими материальными затратами.

Механизмы для производства земляных работ подбираются по техническим характеристикам и группе грунта (согласно ЕНиР, сб. 2, вып. 1, табл. 1) для двух вариантов. Из них принимается комплект машин с наименьшей стоимостью разработки  $1 \text{ м}^3$  грунта.

Состав работ по вертикальной планировке площадки включают процессы, приведенные ниже.

#### 7.3.1. Срезка растительного слоя бульдозерами

Для расчета применяем: ЕНиР, сб. 2. Земляные работы, §Е2-1-5. СНиП 4.03.91. Сборник сметных цен эксплуатации строительных машин. Площадь участка планировки  $S$ .

Срезка растительного слоя проводится параллельными проходками бульдозера от середины очищаемого участка к краям. Срезанный грунт в конце каждого прохода бульдозера укладывается вдоль расчищаемого участка за его пределами.

В табличной форме приводятся следующие данные:

Технические характеристики бульдозеров (два варианта).

Марка бульдозера.

Тип отвала.

Длина отвала, м.

Марка трактора.

Управление.

Норма времени на  $1000 \text{ м}^2$ , маш.-ч.

Цена маш.-ч, р.

Сменная производительность:  $\Pi_{\text{см}} = 8,2 \cdot 1000 / H_{\text{вр}}$ ,  $\text{м}^2/\text{см}$ .

Трудоемкость производства работ:  $T = S / \Pi_{\text{см}}$ , см.

Стоимость машино-смены бульдозера:  $C_{\text{маш.-см}} = C_{\text{маш.-ч}} \cdot 8,2$ , р.

### 7.3.2. Разработка и перемещение грунта скрепером

Движение скрепера в процессе производства работ по планировке площадки осуществляется по эллиптической схеме. Наполнение ковша скрепера следует производить на прямолинейном участке пути при движении под уклон.

Для расчета применяем: ЕНиР, сб. 2, Е2-1-21; СНиП 4.03.91. Значение средней длины перемещения грунта скрепером (для расчета нормы времени). Значение объема разработки (выемки) грунта  $V_B$ .

В табличной форме приводятся следующие данные:

Технические характеристики скреперов (два варианта).

Марка скрепера.

Тип скрепера.

Вместимость ковша.

Ширина захвата.

Мощность скрепера.

Норма времени на  $100 \text{ м}^3$ , маш.-ч.

Цена маш.-ч, р.

Сменная производительность:  $\Pi_{\text{см}} = 8,2 \cdot 100 / H_{\text{вр}}$ ,  $\text{м}^3/\text{см}$ .

Трудоемкость производства работ:  $T = V_B / \Pi_{\text{см}}$ , см.

Стоимость машино-смены скрепера:  $C_{\text{маш.-см}} = C_{\text{маш.-ч}} \cdot 8,2$ , р.

### 7.3.3. Уплотнение грунта в насыпях катками

В основе технологии уплотнения грунтов в насыпях лежит разбивка насыпи на карты-участки небольшой длины, на которых производят уплотнение. Уплотнение грунта производится послойно, начиная от краев участка к середине (по спирали). Каждый последующий проход катка должен перекрывать предыдущий на ширину  $0,2 \dots 0,3$  м.

Для расчета принимаем: ЕНиР, сб. 2; Е2-1-29; Е2-1-31; СНиП 4.03.91. Значение объема насыпи грунта  $V_H$ .

В табличной форме приводятся следующие данные:

Технические характеристики катков (два варианта).

Марка катка.

Тип катка.

Ширина уплотняемой полосы.

Мощность двигателя.

Масса катка.

Норма времени на  $100 \text{ м}^3$ , маш.-ч.

Цена маш.-ч, р.

Сменная производительность:  $\Pi_{\text{см}} = 8,2 \cdot 100 / H_{\text{вр}}$ ,  $\text{м}^3/\text{см}$ .

Трудоемкость производства работ:  $T = V_H / \Pi_{\text{см}}$ , см.

Стоимость машино-смены бульдозера:  $C_{\text{маш.-см}} = C_{\text{маш.-ч}} \cdot 8,2$ , р.

### 7.3.4. Окончательная планировка площадки бульдозером

Для окончательной планировки площадки примем те же марки бульдозеров, что и для срезки растительного слоя. Схема движения бульдозеров по площадке — параллельными проводками. Для расчета применяем ЕНиР сб. 2; Е2-1-36; СНиП 4.03.91. Площадь участка планировки  $S$ .

В табличной форме приводятся следующие данные:  
 Технические характеристики бульдозеров (два варианта).  
 Марка бульдозера.  
 Тип отвала.  
 Длина отвала, м.  
 Марка трактора.  
 Управление.  
 Норма времени на 1000 м<sup>2</sup>, маш.-ч.  
 Цена маш.-ч, р.  
 Сменная производительность:  $\Pi_{см} = 8,2 \cdot 1000 / H_{вр}$ , м<sup>2</sup>/см.  
 Трудоемкость производства работ:  $T = S / \Pi_{см}$ , см.  
 Стоимость машино-смены бульдозера:  $C_{маш.-см} = C_{маш.-ч} \cdot 8,2$ , р.

### 7.3.5. Техничко-экономические показатели планировки площадки

Для выбора более экономичного комплекта машин делаем сравнение двух вариантов:

1) подсчитываем себестоимость разработки 1 м<sup>3</sup> грунта. Расчет производим для ведущего процесса по формуле

$$C_{ед} = \frac{1,08 \sum_{i=1}^k (C_{маш.-см} T)}{V}, \quad (40)$$

где 1,08 — показатель накладных расходов;  $C_{маш.-см}$  — усредненная стоимость машино-смены;  $T$  — трудоемкость производства работ;  $V$  — объем работ ведущего процесса  $V_B$ .

2) затраты труда на выполнение единицы работы полностью механизированных процессов находим по формуле

$$T_3 = \frac{P}{\Pi_{см}}, \quad (41)$$

где  $P$  — количество рабочих, занятых на обслуживании машины и на вспомогательных работах (для ведущего процесса);  $\Pi_{см}$  — производительность машины в смену (для ведущего процесса).

Техничко-экономические показатели по вариантам сводим в табл. 8.

Таблица 8

Техничко-экономические показатели

Показатели	Вариант	
	I	II
1. Стоимость разработки 1 м <sup>3</sup> грунта, р/м <sup>3</sup>		
2. Трудоемкость разработки 1 м <sup>3</sup> грунта, чел.-дн/м <sup>3</sup>		
3. Продолжительность основных работ, маш.-см		

Выбираем наиболее экономичный комплект механизмов для планировки площадки.

## 7.4. Технология ведения работ и выбор комплектов машин при разработке котлована

Для разработки котлована в качестве ведущей машины используют экскаваторы.

По виду и категории грунта выбирают тип ковша экскаватора. Для песков, супесей выбирают ковши со сплошной режущей кромкой, для глин и суглинков — с зубьями. По указанным характеристикам предварительно выбирают два комплекта машин, отличающихся видом оборудования, мощностью и др. На основании технико-экономического сравнения по наименьшим показателям выбирают комплект машин для дальнейшего расчета.

### 7.4.1. Срезка растительного слоя бульдозером

Для расчета применяем ЕНиР, §Е2-1-5; СНиП 4.03-91.

В табличной форме приводятся следующие данные:

Технические характеристики бульдозеров (два варианта).

Марка бульдозера.

Марка трактора.

Тип отвала.

Длина отвала.

Управление.

Норма времени на 1000 м<sup>2</sup>.

Цена маш.-ч.

Сменная производительность:  $\Pi_{\text{см}} = \frac{8,2 \cdot 1000}{H_{\text{вр}}}$ , м<sup>2</sup>/см.

Трудоемкость производства работ:  $T_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{ср}}}{\Pi_{\text{см}}}$ , маш.-см.

Стоимость машино-смены бульдозера:  $C_{\text{маш.-см}} = C_{\text{маш.-ч}} \cdot 8,2$ , р.

### 7.4.2. Разработка грунта одноковшовым экскаватором

Для расчета принимаем §Е2-1-8 и §Е2-1-9, СНиП 4.03-91.

Для курсового проектирования принимаем объем грунта, с погрузкой на транспортные средства и вывозкой в отвал, равный 80 % от общего объема разрабатываемого грунта:  $V_{\text{тр}} = V_{\text{общ}} \cdot 0,8$ , соответственно объем грунта, разрабатываемый навывмет, — 20 % от общего объема:  $V_{\text{н}} = V_{\text{общ}} \cdot 0,2$ .

В табличной форме приводятся следующие данные:

Технические характеристики экскаваторов (два варианта).

Марка экскаватора.

Тип лопаты.

Вместимость ковша.

Мощность экскаватора:

с погрузкой на транспортные средства:

Норма времени на 100 м<sup>3</sup>, маш.-ч;

Цена маш.-ч, р.;

Сменная производительность:  $\Pi_{\text{см}} = 8,2 \cdot 100 / H_{\text{вр}}, \text{ м}^3/\text{см}$ ;  
Трудоемкость производства работ:  $T = V_{\text{тр}} / \Pi_{\text{см}}, \text{ см}$ .  
Стоимость машино-смены экскаватора:  $C_{\text{маш.-см}} = C_{\text{маш.-ч}} \cdot 8,2, \text{ р.}$ ;  
работа экскаватора навывает:  
Норма времени на  $100 \text{ м}^3$ , маш.-ч;  
Цена маш.-ч, р.;

Сменная производительность:  $\Pi_{\text{см}} = 8,2 \cdot 100 / H_{\text{вр}}, \text{ м}^3/\text{см}$ ;  
Трудоемкость производства работ:  $T = V_{\text{н}} / \Pi_{\text{см}}, \text{ см}$ .  
Стоимость машино-смены экскаватора:  $C_{\text{маш.-см}} = C_{\text{маш.-ч}} \cdot 8,2, \text{ р.}$

### 7.4.3. Зачистка дна котлована бульдозером

Для расчета применяем §Е2-1-36; СНиП 4.03-91.

В табличной форме приводятся следующие данные:

Технические характеристики бульдозеров (два варианта)

Марка бульдозера.

Марка трактора.

Тип отвала.

Длина отвала.

Управление.

Норма времени на  $1000 \text{ м}^2$ .

Цена маш.-ч.

Сменная производительность:  $\Pi_{\text{см}} = \frac{8,2 \cdot 1000}{H_{\text{вр}}}, \text{ м}^2/\text{см}$ .

Трудоемкость производства работ:  $T_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{зач}}}{\Pi_{\text{см}}}, \text{ маш.-см}$ .

Стоимость машино-смены бульдозера:  $C_{\text{маш.-см}} = C_{\text{маш.-ч}} \cdot 8,2, \text{ р.}$

### 7.4.4. Обратная засыпка грунта бульдозером

Для расчета применяем §Е2-1-34; СНиП 4.03-91. Для курсового проектирования принять перемещение грунта бульдозером до 5 м.

В табличной форме приводятся следующие данные:

Технические характеристики бульдозеров (два варианта).

Марка бульдозера.

Марка трактора.

Тип отвала.

Длина отвала.

Управление.

Норма времени на  $100 \text{ м}^3$ .

Цена маш.-ч.

Сменная производительность:  $\Pi_{\text{см}} = \frac{8,2 \cdot 100}{H_{\text{вр}}}, \text{ м}^3/\text{см}$ .

Трудоемкость производства работ:  $T_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{н}}}{\Pi_{\text{см}}}, \text{ маш.-см}$ .

Стоимость машино-смены бульдозера:  $C_{\text{маш.-см}} = C_{\text{маш.-ч}} \cdot 8,2, \text{ р.}$

### 7.4.5. Техничко-экономическое сравнение вариантов

1. Стоимость разработки 1 м<sup>3</sup> грунта в р/м<sup>3</sup>:

$$C_{\text{ед I}} = 1,08 \frac{\sum (C_{\text{маш.-см}} T_{\text{см}})}{V_{\text{общ}}}; \quad (42)$$

$$C_{\text{ед II}} = 1,08 \frac{\sum (C_{\text{маш.-см}} T_{\text{см}})}{V_{\text{общ}}}, \quad (43)$$

где  $V_{\text{общ}}$  — общий объем разработки грунта экскаватором.

2. Затраты труда рабочих занятых на разработке грунта экскаватором в чел.-см/м<sup>3</sup>:

$$T_{\text{I}} = \frac{n}{\sum \Pi_{\text{см}}}; \quad (44)$$

$$T_{\text{II}} = \frac{n}{\sum \Pi_{\text{см}}}, \quad (45)$$

где  $n$  — состав звена принимаем по табл. 2 ЕНиР §2-1-8 и табл. 2 ЕНиР §2-1-9;  
 $\sum \Pi_{\text{см}}$  — суммарная сменная производительность экскаватора при работе навымет и транспортные средства.

3. Продолжительность основных работ, см., находим суммированием  $T_{\text{тр}}^{\text{I}}$  и  $T_{\text{н}}^{\text{I}}$ . Сравниваем два варианта.

Сравнив оба варианта, необходимо обосновать выбор комплекта машин.

## 8. ВЫБОР ВИДА И ПОДСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ГРУНТА

Количество транспортных средств, необходимых для разрабатываемого грунта, подбирается с учетом бесперебойной работы землеройной машины и принятых транспортных средств. При выборе вида транспортных средств необходимо ознакомиться с прил. табл. П.2, П.3, П.4, П.6, П.7.

Выбор транспортных средств производится в следующей последовательности:

1. Находим производительность экскаватора в час, м<sup>3</sup>/ч:

$$P_{\text{экск./ч}} = \frac{100}{N_{\text{вр}}}, \quad (46)$$

где  $N_{\text{вр}}$  — норма времени для экскаватора из комплекта машин, наиболее выгодного после сравнения ТЭП, при работе на транспортные средства.

2. Находим количество отгружаемых ковшей грунта:

$$n = \frac{Q}{j e k_{\text{н}}}, \quad (47)$$

где  $j$  — объемный вес грунта, кг/м<sup>3</sup> (ЕНиР, сб. 2, вып. 1, табл. 1);  $e$  — емкость ковша экскаватора;  $k_{\text{н}}$  — коэффициент наполняемости ковша (прил., табл. П.8);  $Q$  — грузоподъемность самосвала, (прил., табл. П.5).

3. Определяем время загрузки самосвала, мин:

$$t_{\text{н}} = \frac{60 n e k_{\text{н}}}{P_{\text{экск./ч}}}. \quad (48)$$

4. Определяем время одного цикла, мин:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{н}} + \frac{2l}{v_{\text{ср}}} 60 + t_{\text{м}} + t_{\text{разг}}, \quad (49)$$

где  $t_{\text{м}}$  — время маневра (прил., табл. П.9);  $l$  — расстояние до отвала, км (по заданию);  $v_{\text{ср}}$  — средняя скорость движения самосвала (прил., табл. П.10);  $t_{\text{разг}}$  — время разгрузки (прил., табл. П.9).

5. Определяем количество рейсов в смену:

$$n_{ав} = \frac{60 \cdot 8,2}{T_{ц}} \kappa_{в}, \quad (50)$$

где  $\kappa_{в}$  — коэффициент использования транспорта во времени, равный 0,8.

6. Определяем производительность самосвала, м<sup>3</sup>/см.:

$$\Pi_{ав} = \frac{Q}{j} n_{см}. \quad (51)$$

7. Определяем количество самосвалов:

$$N = \frac{T_{ц}}{t_{н}}. \quad (52)$$

8. Определяем количество смен, маш.-см.:

$$\Gamma_{см} = \frac{V_{от}}{M\Pi_{ав}}. \quad (53)$$

## 9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЭКСКАВАТОРНЫХ ЗАБОЕВ

При проектировании экскаваторных забоев необходимо решить следующие задачи:

определить формы и размеры всех элементов экскаваторного забоя и всех экскаваторных проходок;

разбить поперечное сечение разрабатываемой выемки или котлована на экскаваторные проходки, установить количество их и размеры;

установить пути движения транспорта и места их стоянки под погрузкой.

Запроектированный экскаваторный забой должен удовлетворять следующим требованиям:

минимальное количество проходок;

высота забоя, достаточная для наполнения ковша за одно черпание;

минимальный угол поворота стрелы.

### 9.1. Расчет экскаваторного забоя (прямая лопата)

Основные виды забоев для экскаваторов, оборудованных прямой лопатой, — боковой, зигзаг и лобовой.

Лобовым (прямолинейным) забоем, как правило, разрабатываются пионерные траншеи и первые проходки, а также узкие котлованы, размеры сторон которых не превышают  $c \leq 1,5 \dots 1,9R_{\max}$ , где  $R_{\max}$  — наибольший радиус резания;  $c$  — ширина котлована поверху.

В зависимости от ширины лобовой проходки экскаватор в забое может передвигаться по прямой линии ( $c \leq 2R_{\max}$ ) — лобовая проходка, зигзагом ( $2R_{\max} < c < 3,5R_{\max}$ ) — зигзагообразная проходка или поперек котлована при ( $c < 3,5R_{\max}$ ) — боковая проходка.

Максимальная ширина прямолинейной лобовой проходки поверху определяется по формуле

$$B = 2b_1 = 2\sqrt{R_p^2 - l_{\Pi}^2}, \quad (54)$$

где  $b_1 = \sqrt{R_p^2 - l_n^2}$ ;  $R_p$  — расчетный радиус резания грунта, равный  $0,8 \dots 0,9 R_{\max}$ , допускаемый данной конструкцией экскаватора;  $l_n$  — длина рабочей передвижки экскаватора, определяемая как разность между максимальным  $R_{\text{ст}}$  и минимальным радиусом резания грунта экскаватором на уровне стоянки  $R_{\min}$  — ( $l_n = R_{\text{ст}} - R_{\min}$ ), м.

Ширина зигзагообразной проходки поверху определяется по формуле

$$B = 2b_1 + 2R_{\min} = 2\sqrt{R_p^2 - l_n^2} + 2R_{\min}. \quad (55)$$

Если ширина котлована больше  $3,5 R_{\max}$ , рекомендуется принимать одну лобовую проходку, а все остальные — боковые.

Ширина поперечной (боковой) проходки определяют по формуле

$$B_1 = 2b_1 + n2R_{\min} = 2\sqrt{R_p^2 - l_n^2} + 2nR_{\min}. \quad (56)$$

Таким образом, установив вид проходки, изображаем схему проходок экскаватора (рис. 46).

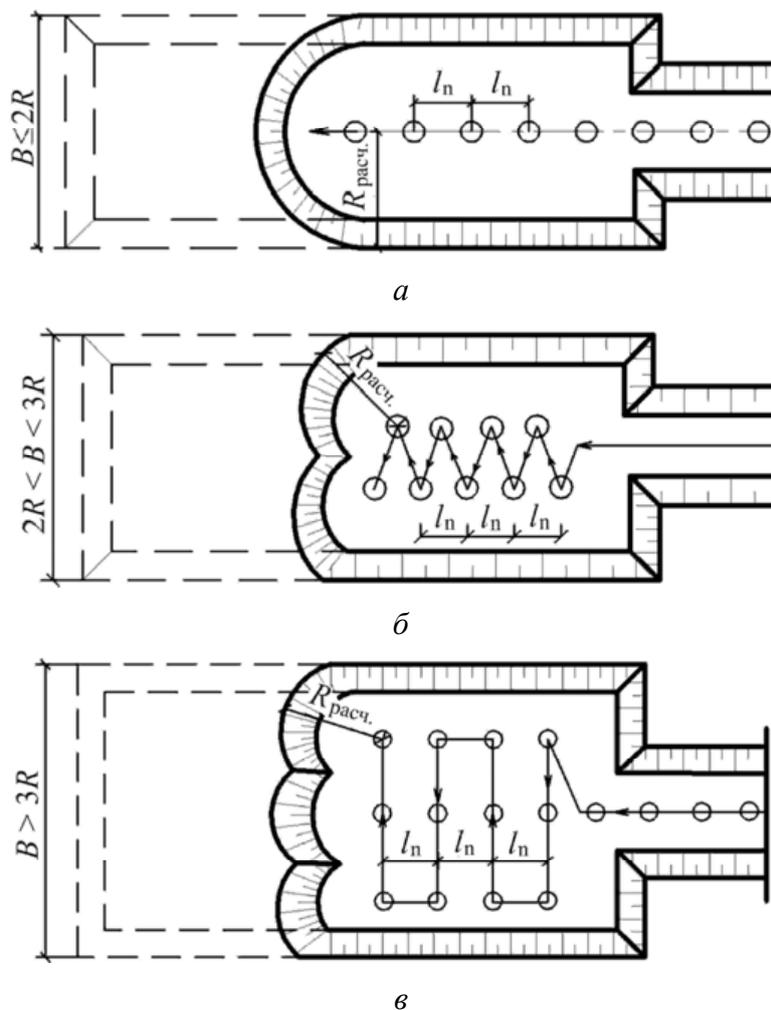


Рис. 46. Схема разработки котлована лобовой проходкой: а — с перемещением экскаватора по прямой линии; б — зигзагом; в — поперек котлована

## 9.2. Расчет экскаваторного забоя (обратная лопата)

При работе экскаваторов с обратной лопатой с погрузкой на транспортные средства ширина первичной проходки определяется по формуле

$$B_1 = 2b_1 = 2\sqrt{R_p^2 - l_n^2}. \quad (57)$$

При вторичных проходках ширина проходки уменьшается на величину заложения откоса (если разрабатывают один борт выемки):

$$B_1 = 2b_1 - mH = 2\sqrt{R_p^2 - l_n^2} - mH. \quad (58)$$

Установив вид проходки, изображаем схему проходок экскаватора (рис. 47).

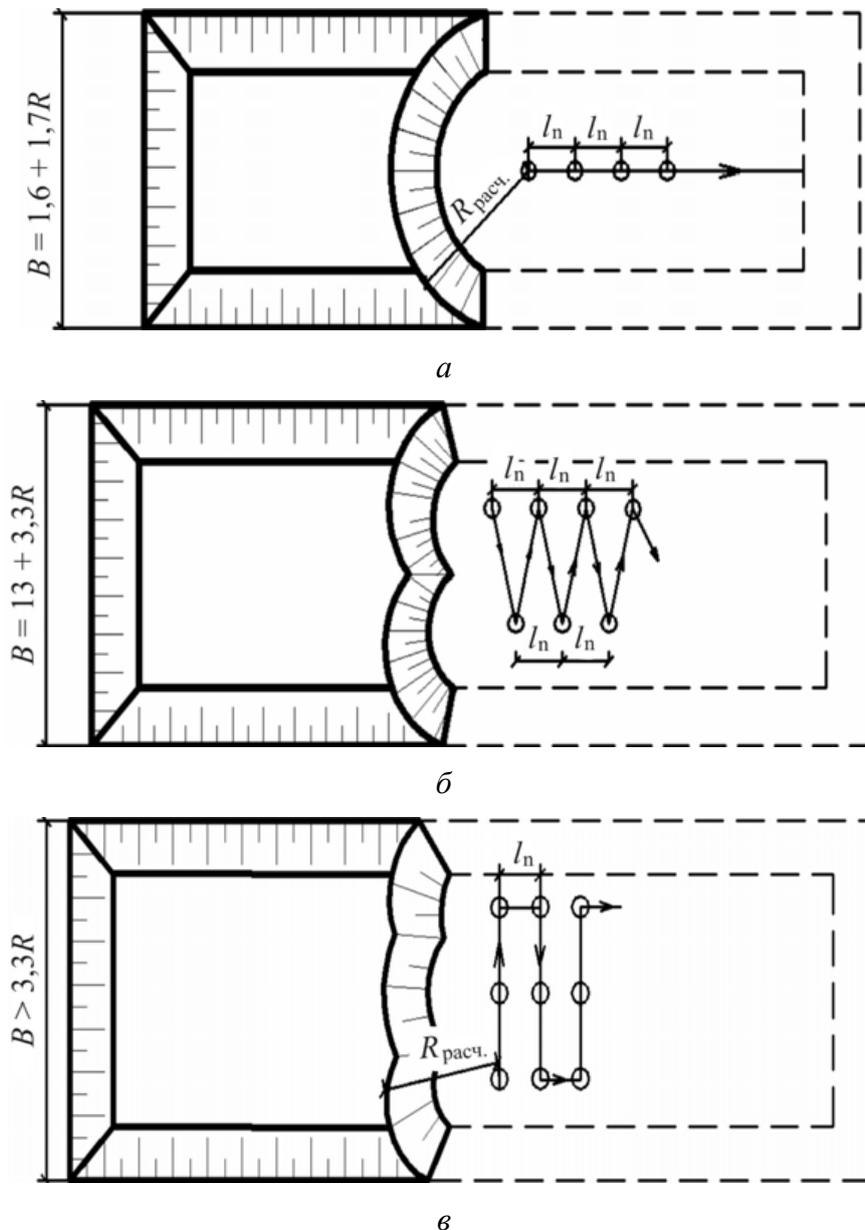


Рис. 47. Схема разработки котлована торцевой проходкой с перемещением экскаватора, оборудованного обратной лопатой: а — вдоль котлована; б — зигзагом; в — поперек котлована

### 9.3. Описание технологической схемы производства работ по разработке котлована

Разрабатываемый комплексно-механизированный процесс разработки котлована состоит из подготовительных и основных операций.

К подготовительным операциям относят срезку растительного слоя грунта. К основным операциям относят:

- разработку котлована до проектных отметок;
- транспортировку разработанного грунта автосамосвалом за пределы строительной площадки.

Срезка растительного слоя производится бульдозером (марка) на базе трактора (марка) после привязки и разбивки участка под здание с закреплением точек на местности деревянными колышками или стальными штырями и нивелированием поверхности. Разработка грунта производится экскаватором (марка) с ковшом (объем) с погрузкой грунта в автомобили-самосвалы (марка). Для уменьшения угла поворота платформы разработку грунта необходимо вести в той части забоя, где устанавливается самосвал. После загрузки автосамосвалов грунтом и до их возвращения экскаватор разрабатывает грунт, укладывая его вдоль бровки котлована. Зачистку дна котлована производят бульдозером (марка). Бульдозер сгребает грунт в кучи, которые потом экскаватором грузят в автосамосвал и вывозят в отвал.

На основании выбора вида и подсчета количества транспортных средств для перевозки грунта и описания технологической схемы производства работ по разработке котлована в масштабе времени составляется циклограмма движения автотранспорта (рис. 48) и определяется время работы экскаватора навывмет.

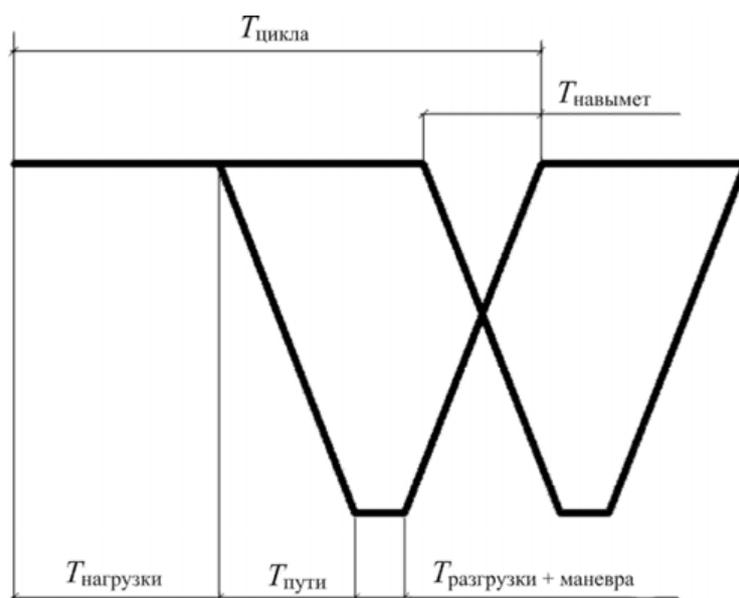


Рис. 48. Циклограмма движения автотранспорта

На основании выполненных расчетов составляют калькуляцию трудовых затрат на земляные работы (табл. 9).

Таблица 9

## Калькуляция трудовых затрат на земляные работы

Номер	Обоснование, ЕНиР	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Норма времени, маш.-ч	Затраты труда на весь объем, маш.-см.
1	2	3	4	5	6	7
1	Е2-1-5	Срезка растительного слоя бульдозером	1000 м <sup>2</sup>			
2	Е2-1-8	Разработка грунта экскаватором	100 м <sup>3</sup>			
3		навымет в отвал				
4	Е2-1-36	Зачистка дна котлована бульдозером	1000 м <sup>2</sup>			
5	Е2-1-34	Обратная засыпка	100 м <sup>2</sup>			

Основные технико-экономические показатели по разработке котлована приведены в табл. 10.

Таблица 10

## Технико-экономические показатели

Номер	Наименование показателя	Значение
1	2	3
1	Общая трудоемкость выполнения работ, маш.-см.	
2	Выработка ведущей машины (экскаватор), м <sup>3</sup> /см.	
3	Продолжительность выполнения ведущего процесса, маш.-см.	

Примечания:

1. Общая трудоемкость выполнения работ определяется как сумма строк по графе 7 калькуляции (табл. 9).

2. Выработка ведущей машины определяется по формуле  $B = V_{\text{общ}}/M$ , где  $V_{\text{общ}}$  — объем котлована;  $M = T_{\text{тр}} + T_{\text{н}}$  — продолжительность работы ведущей машины (экскаватор), маш.-см.

## 10. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ И ПРИЕМКЕ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Строительство каждого объекта допускается осуществлять только на основе предварительно разработанных решений по организации строительства и технологии производства работ, которые должны быть приняты в проекте организации строительства и проектах производства работ (ППР). Разработку выемок следует производить в соответствии с требованиями СНиП 3.02.01-87, СНиП 3.01.01-85\*, проекта, ППР, технологических карт и схем операционного контроля качества.

Земляные работы должны выполнять строительные организации, получившие лицензию на выполнение этих работ в федеральных или местных органах по лицензированию строительной деятельности.

Земляные работы должны выполняться квалифицированным персоналом, прошедшим специальную подготовку и обладающим надлежащими навыками по выполнению земляных работ.

При производстве земляных работ должно быть обеспечено соблюдение строительных норм и правил, проекта и ППР.

Возведение земляных сооружений должно производиться по утвержденному проекту производства работ (табл. 11).

Запрещается осуществление земляных работ без утвержденного проекта производства работ. Не допускаются отступления от решений проектов производства работ без согласования с организациями, разработавшими и утвердившими их.

*Таблица 11*

**Состав и средства контроля качества работ при устройстве земляных сооружений**

Контролируемые операции	Состав и средства контроля	Документация
Подготовительные работы	Проверить наличие утвержденной проектно-сметной документации с разрешением заказчика на производство работ	ПСД
	Проверить наличие геодезической разбивочной основы и технической документации на нее; наличие закрепленных на площадке строительства пунктов основы	Акт приемки, техническая документация

Контролируемые операции	Состав и средства контроля	Документация
Подготовительные работы	Проверить наличие ППР, технологических карт, схем операционного контроля качества земляных работ	ППР, технологические карты, СОКК
	Проверить завершение подготовительных внеплощадочных и внутриплощадочных работ; завершение геодезических разбивочных работ по выносу в натуру и закреплению осей и характерных основных и промежуточных точек земляных сооружений	Акт
Разработка выемок, вертикальная планировка	Контролировать соблюдение заданной ППР (технологическими картами) технологии разработки выемок и вертикальной планировки	Общий и специальные журналы работ
	Контролировать крутизну откосов и габариты выемок; отметки дна выемок и спланированной поверхности	Исполнительные геодезические схемы
Приемка	Проверить соответствие плановых и высотных отметок выемок и спланированной поверхности требованиям проекта и нормативных документов	Исполнительные геодезические схемы
	Проверить соответствие фактического напластования и свойств грунтов оснований требованиям проекта и нормативных документов	Протоколы (акты) испытаний
	Проверить составление и надлежащее оформление актов освидетельствования скрытых работ, актов приемки оснований, выемок и спланированной поверхности и др. приемо-сдаточной документации	Акты освидетельствования скрытых работ; Акты приемки оснований, выемок и спланированной поверхности

**Входной и операционный контроль** осуществляют: мастер (прораб), геодезист, лаборант (инженер) строительной или геотехнической лаборатории — в процессе выполнения работ. **Приемочный контроль** осуществляют прораб (мастер), геодезист, работники отдела контроля качества СМР, представители технадзора заказчика.

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

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 таблице (прил., табл. П.2).

При производстве работ по разработке выемок и устройству естественных оснований состав контролируемых показателей, допустимые отклонения и методы контроля должны соответствовать нижеприведенной табл. 12.

## Состав контролируемых показателей при производстве работ по разработке выемок

Технические требования	Предельные отклонения	Контроль (метод и объем)
1. Отклонения отметок дна выемок от проектных (кроме выемок в валунных, скальных и вечномёрзлых грунтах) при черновой разработке:  одноковшовыми; экскаваторами, оснащенными ковшами с зубьями;  одноковшовыми экскаваторами, оснащенными планировочными ковшами, зачистным оборудованием и другим специальным оборудованием для планировочных работ, экскаваторами-планировщиками; бульдозерами; скреперами	Для экскаваторов с механическим приводом по видам рабочего оборудования: драглайн +25 см прямого копания +10 см обратная лопата +15 см Для экскаваторов с гидравлическим приводом + 10 см	Измерительный, точки измерений устанавливаются случайным образом; число измерений на принимаемый участок должно быть не менее:  20 15 10 10
	+5 см  +10 см +10 см	5  15 10
2. То же планировочных выемок: недоборы; переборы	10 см 20 см	То же
3. Отклонения отметок дна выемок в местах устройства фундаментов и укладки конструкций при окончательной разработке или после доработки недоборов и восполнения переборов	±15 см	Измерительный, по углам и центру котлована, на пересечениях осей здания, в местах изменения отметок, но не реже чем через 50 м и не менее 10 измерений на принимаемый участок
4. Вид и характеристики вскрытого грунта естественных оснований под фундаменты и земляные сооружения	Должны соответствовать проекту. Не допускается размыв, размягчение, разрыхление или промерзание верхнего слоя основания толщиной более 3 см	Технический осмотр всей поверхности основания
5. Отклонения уклона спланированной поверхности от проектного, кроме орошаемых земель	Не должны превышать ±0,001 при отсутствии замкнутых понижений	Визуальный (наблюдения за стоком атмосферных осадков) или измерительный, по сетке 50 × 50 м
6. Отклонения отметок спланированной поверхности от проектных, кроме орошаемых земель:  в нескальных грунтах скальных грунтах	Не должны превышать:  ±5 см +10...-20 см	Измерительный, по сетке 50 × 50 м

При производстве работ по устройству насыпей и обратных засыпок состав контролируемых показателей, предельные отклонения и методы контроля должны соответствовать нижеприведенной табл. 13. Точки определения показателей характеристик грунта должны быть равномерно распределены по площади и глубине.

Таблица 13

**Состав контролируемых показателей при производстве работ при устройстве насыпей и обратных засыпок**

Технические требования	Предельные отклонения	Контроль (метод и объем)
1. Гранулометрический состав грунта, предназначенного для устройства насыпей и обратных засыпок (при наличии специальных указаний в проекте)	Должен соответствовать проекту. Выход за пределы диапазона, установленного проектом, допускается не более чем в 20 % определений	Измерительный и регистрационный по указаниям проекта
2. Содержание в грунте, предназначенном для устройства насыпей и обратных засыпок: дерева, древесины, волокнистых материалов, гниющего или легкосжимаемого строительного мусора; растворимых солей в случае применения засоленных грунтов	Не допускается	Ежесменный, визуальный
	Количество не должно превышать указанного в проекте	Измерительный по указаниям проекта, но не реже чем одно определение на 10 тыс. м <sup>3</sup> грунта
3. Содержание мерзлых комьев в насыпях (кроме гидротехнических) и обратных засыпках от общего объема отсыпаемого грунта: для наружных пазух зданий и верхних зон траншей с уложенными коммуникациями; для насыпей, уплотняемых укаткой; для насыпей, уплотняемых трамбованием; для насыпей, возводимых без уплотнения; для пазух и подсыпок внутри зданий; для грунтовых подушек	Не должно превышать, %:	Визуальный, периодический (устанавливается в ППР)
	20	
	20	
	30	
	50	
	Не допускается	
4. Размер твердых включений, в том числе мерзлых комьев, в насыпях и обратных засыпках	15 %	Визуальный, периодический (устанавливается в ППР)
	Не должен превышать 2/3 толщины уплотненного слоя, но не более 15 см для грунтовых подушек и 30 см для прочих насыпей и обратных засыпок	

Технические требования	Предельные отклонения	Контроль (метод и объем)
5. Наличие снега и льда в насыпях, обратных засыпках и их основаниях	Не допускается	То же
6. Температура грунта, отсыпаемого и уплотняемого при отрицательной температуре воздуха	Должна обеспечивать сохранение немерзлого или пластичного состояния грунта до конца его уплотнения	Измерительный, периодический (устанавливается в ППР)
7. Средняя по проверяемому участку плотность сухого грунта обратных засыпок	Не ниже проектной, а при отсутствии в проекте указаний должна быть не ниже плотности, соответствующей контрольным значениям коэффициента уплотнения, приведенным в следующей таблице. Допускаются значения плотности сухого грунта ниже проектных на $0,06 \text{ г/см}^3$ в отдельных определениях, но не более чем в 20 % определений	То же, объем устанавливается проверяющей организацией
8. Средняя по принимаемому участку плотность сухого грунта для дорожных, гидротехнических насыпей, грунтовых подушек под фундаменты	Не ниже проектной. Допускаются значения плотности сухого грунта ниже проектных не более чем в 10 % определений при летней отсыпке и в 20 % при зимней отсыпке	То же, по указаниям проекта, а при отсутствии указаний — ежемесячно, но не реже чем одно определение на $300 \text{ м}^3$ насыпи
9. Средняя по проверяемому участку плотность сухого грунта планировочных и других уплотняемых насыпей, для которых эта величина не задана проектом	Не ниже плотности сухого грунта, соответствующей контрольным значениям коэффициента уплотнения, приведенным в нижеследующей таблице	Измерительный, объем устанавливается проверяющей организацией
10. Средняя по принимаемому участку плотность сухого грунта насыпных грунтовых оснований под полы	Не ниже проектной. Допускаются значения плотности сухого грунта ниже проектных не более чем в 20 % определений	То же, по указаниям проекта, но не реже чем одно определение на $200 \text{ м}^2$ основания при толщине подсыпки до 1 м или на $300 \text{ м}^3$ подсыпки — при большей толщине
11. Степень влажности при устройстве насыпи из грунтов повышенной влажности	Не более 0,85. Допускаются значения более 0,85 в отдельных измерениях но не более чем в 20 % определений	То же, по указаниям проекта, а при отсутствии таких указаний — ежемесячно, но не менее одного определения на $300 \text{ м}^3$ насыпи

Технические требования	Предельные отклонения	Контроль (метод и объем)
12. Влажность грунта в теле насыпи	Должна быть в пределах, установленных проектом. Допускаются отклонения значений влажности за пределы, установленные проектом, не более чем в 10 % определений	То же, по указаниям проекта, но не менее одного определения на 20—50 тыс. м <sup>3</sup> насыпи
13. Отклонения геометрических размеров насыпей: ширины насыпей по верху и по низу;	±15 см	То же
отметок поверхностей насыпей;	±5 см	Измерительный, через 100 м на прямолинейных участках, 50 м — на криволинейных участках и для планировочных насыпей. Для грунтовых подушек: по углам и центру котлована, на пересечениях осей здания, в местах изменения отметок, но не менее 10 измерений на принимаемый участок
крутизны откосов насыпей	Увеличение не допускается	Измерительный, через 100 м

При приемке земляных работ по устройству насыпей производятся исполнительные съемки. По результатам съемок составляются исполнительные планово-высотные схемы, которые должны входить в состав приемосдаточной исполнительной документации, предъявляемой при приемке выполненных земляных работ.

В состав приемосдаточной исполнительной документации входят также акты освидетельствования скрытых работ, примерный перечень которых приведен ниже:

1) устройство естественных оснований под земляные сооружения, фундаменты;

2) выполнение предусмотренных проектом или назначенных по результатам осмотра вскрытых оснований инженерных мероприятий по закреплению грунтов и подготовке оснований (цементация, замачивание, дренирование оснований, устройство термических или грунтовых свай, заглушение ключей, заделка трещин, устройство грунтовых подушек и др.);

3) конструкции, входящие в тело земляного сооружения; установленные проектом границы зон раскладки грунтов с отличающимися физико-механическими характеристиками; элементы дренажей (дренажные слои

и их основания, колодцы, трубопроводы и их обсыпка); диафрагмы; экраны; ядра; подстилающие слои при установке контрольно-измерительной аппаратуры;

4) обратные засыпки выемок в местах пересечения с дорогами, тротуарами и иными территориями с дорожным покрытием;

5) насыпные основания под полы, грунтовые подушки;

6) обратные засыпки в просадочных грунтах (при наличии указаний в проекте);

7) мероприятия, необходимые для возобновления работ при перерывах в ведении работ более месяца, при консервации и расконсервации работ.

Приемка выполненных земляных работ оформляется соответствующим актом.

## **11. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ**

Строительство является одной из самых травмоопасных отраслей производства. На строительной площадке имеются различные опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы; запыленность и загазованность воздуха; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте; повышенное значение напряжения электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; отсутствие или недостаток освещенности; физические перегрузки и другие факторы. Воздействие опасных факторов зачастую приводит к травмам при нарушении технологических процессов, техники безопасности и дисциплины труда, при неудовлетворительной организации работ.

Производственные территории и участки работ в населенных пунктах или на территории организации во избежание доступа посторонних лиц должны быть ограждены. Конструкция защитных ограждений должна удовлетворять следующим требованиям:

высота ограждения производственных территорий должна быть не менее 1,6 м, а участков работ — не менее 1,2;

ограждения, примыкающие к местам массового прохода людей, должны иметь высоту не менее 2 м и быть оборудованы сплошным защитным козырьком;

козырек должен выдерживать действие снеговой нагрузки, а также нагрузки от падения одиночных мелких предметов;

ограждения не должны иметь проемов, кроме ворот и калиток, контролируемых в течение рабочего времени и запираемых после его окончания.

Строительные площадки, участки работ и рабочие места, проезды и подходы к ним в темное время суток должны быть освещены. Освещенность должна быть равномерной, без слепящего действия осветительных приборов на работающих.

Для работающих на открытом воздухе должны быть предусмотрены навесы для укрытия от атмосферных осадков.

При температуре воздуха на рабочих местах ниже 10 °С работающие на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях должны быть обеспечены помещениями для обогрева.

Место производства работ должно быть очищено от валунов, деревьев, строительного мусора.

С целью исключения размыва грунта, образования оползней, обрушения стенок выемок в местах производства земляных работ до их начала необходимо обеспечить отвод поверхностных и подземных вод.

Применение землеройных машин в местах пересечения выемок с действующими коммуникациями, не защищенными от механических повреждений, разрешается по согласованию с организациями, владеющими коммуникациями.

В случае обнаружения в процессе производства земляных работ не указанных в проекте коммуникаций, подземных сооружений или взрывоопасных материалов земляные работы должны быть приостановлены до получения разрешения соответствующих органов.

При размещении рабочих мест в выемках их размеры, принимаемые в проекте, должны обеспечивать размещение конструкций, оборудования, оснастки, а также проходы на рабочих местах и к рабочим местам шириной в свету не менее 0,6 м, а на рабочих местах — необходимое пространство в зоне работ.

Выемки, разрабатываемые на улицах, проездах, во дворах населенных пунктов, а также в других местах возможного нахождения людей, должны быть ограждены защитными ограждениями с учетом требований государственных стандартов. На ограждении необходимо устанавливать предупредительные надписи, а в ночное время — сигнальное освещение.

Для прохода на рабочие места в выемки следует устанавливать трапы или маршевые лестницы шириной не менее 0,6 м с ограждениями или приставные лестницы (деревянные — длиной не более 5 м).

Производство работ, связанных с нахождением работников в выемках с вертикальными стенками без крепления в песчаных, пылевато-глинистых и талых грунтах выше уровня грунтовых вод и при отсутствии вблизи подземных сооружений, допускается при их глубине не более:

1,0 м — в несслежавшихся насыпных и природного сложения песчаных грунтах;

1,25 м — в супесях;

1,5 м — в суглинках и глинах.

Производство работ, связанных с нахождением работников в выемках с откосами без креплений в насыпных, песчаных и пылевато-глинистых грунтах выше уровня грунтовых вод (с учетом капиллярного поднятия) или грунтах, осушенных с помощью искусственного водопонижения, допускается при глубине выемки и крутизне откосов (прил., табл. П.2).

Крутизна откосов выемок глубиной более 5 м во всех случаях и глубиной менее 5 м при гидрологических условиях и видах грунтов, а также откосов, подвергающихся увлажнению, должны устанавливаться проектом.

Перед допуском работников в выемки глубиной более 1,3 м ответственным лицом должно быть проверено состояние откосов, а также надежность крепления стенок выемки.

Валуны и камни, а также отслоения грунта, обнаруженные на откосах, должны быть удалены.

Допуск работников в выемки с откосами, подвергшимися увлажнению, разрешается только после тщательного осмотра лицом, ответственным за обеспечение безопасности производства работ, состояние грунта откосов и обрушение неустойчивого грунта в местах, где обнаружены «kozyрьки» или трещины (отслоения).

Выемки, разработанные в зимнее время, при наступлении оттепели должны быть осмотрены, а по результатам осмотра должны быть приняты меры к обеспечению устойчивости откосов и креплений.

При извлечении грунта из выемок с помощью бадей необходимо устраивать защитные навесы-kozyрьки для защиты работающих в выемке.

Извлеченный из выемки грунт необходимо размещать на расстоянии не менее 0,5 м от бровки этой выемки.

При разработке выемок в грунте одноковшовым экскаватором высота забоя должна определяться ППР с таким расчетом, чтобы в процессе работы не образовывались «kozyрьки» из грунта.

При работе экскаватора не разрешается производить другие работы со стороны забоя и находиться работникам в радиусе действия экскаватора плюс 5 м.

При разработке, транспортировании, разгрузке, планировке и уплотнении грунта двумя или более самоходными или прицепными машинами (скреперами, грейдерами, катками, бульдозерами), идущими одна за другой, расстояние между ними должно быть не менее 10 м.

Автомобили-самосвалы при разгрузке на насыпях, а также при засыпке выемок следует устанавливать не ближе 1 м от бровки естественного откоса.

Места разгрузки автотранспорта должны определяться регулировщиком.

Запрещается разработка грунта бульдозерами и скреперами при движении на подъем или под уклон, с углом наклона более указанного в паспорте машины.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Устройство земляных сооружений сопряжено с выполнением значительных объемов земляных работ. Земляные работы относятся к наиболее трудоемким и тяжелым строительным процессам, выполняемым в сложных условиях, зависящих от природно-климатических факторов, характеристик грунта и т. д.

Поэтому одной из задач, стоящих перед строителями, является разработка и реализация проектов, способствующих сокращению объемов земляных работ. Это выражается в совершенствовании конструкций земляных сооружений; рациональном использовании рельефа местности; исключении перевалок грунта; повышении строительных качеств грунта (трамбование, укрепление и т. п.). Этим целям служит и развитие средств механизации земляных работ: переход на гидравлическое управление, создание широкого ряда типоразмеров машин и их сменного рабочего оборудования, позволяющих в конкретных условиях обеспечить заданную геометрию земляного сооружения. В то же время развитие конструктивных характеристик машин неразрывно связано с совершенствованием технологии и организации строительных процессов, потребностями в создании современных сооружений.

Использование представленных в пособии материалов для решения конкретных практических задач является реальной основой повышения уровня технологии и организации переработки грунта. Однако принятие различных строительных решений производится на основе анализа и расчета инженерно-геологических и природно-климатических условий строительной площадки, которые, в свою очередь, могут быть противодействующими, случайными и благоприятствующими. В процессе строительства перечисленные параметры могут изменяться. Решение, эффективное в одних условиях, могут оказаться неприемлемым в других, поэтому его выбор студент должен осуществлять творчески в зависимости от конкретной ситуации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Теличенко, В. И.* Технология строительных процессов : учебник для вузов. В 2 ч. / В. И. Теличенко, А. А. Лapidус, О. М. Терентьев. — М. : Высшая школа, 2005. — 392 с.
2. *Хамзин, С. Л.* Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование / С. Л. Хамзин, А. К. Карасев. — М. : Высшая школа, 2006. — 216 с.
3. *Штоль, Т. М.* Технология возведения подземной части зданий и сооружений : учебное пособие для вузов / Т. М. Штоль. — М. : Стройиздат, 1990. — 288 с.

4. *Марионков, К. С.* Основы проектирования производства строительных работ / К. С. Марионков. — М. : Стройиздат, 1980. — 230 с.
5. Земляные работы. Справочник строителя / под ред. А. К. Рейша. — М. : 1984. — 320 с.
6. *Перешивкин, А. К.* Справочник строителя. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации / А. К. Перешивкин. — М. : Стройиздат, 1989. — 653 с.
7. Строительные машины. Справочник. В 2 т / под ред. В. А. Баумана и Ф. А. Лапира. Т1: Машины для строительства промышленных, гражданских, гидротехнических сооружений и дорог. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1976. — 504 с.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица П.1

Показатели разрыхления грунтов и пород

Наименование грунтов и пород	Первоначальное увеличение объема грунта после разработки для грунтов, пролежавших в отвале менее четырех месяцев и не подвергавшихся механическому уплотнению, %	Остаточное объемное разрыхление грунтов для грунтов, пролежавших в отвале более четырех месяцев или подвергавшихся механическому уплотнению, %
Глина ломовая	28...32	6...9
Глина мягкая жирная	24...30	4...7
Гравийно-песчаные грунты	16...20	5...8
Растительный грунт	20...25	3...4
Лесс мягкий	18...24	3...6
Лесс отвердевший	24...30	4...7
Мергель	33...37	11...15
Опока	33...37	11...15
Песок	10...15	2...5
Солончак и солонец мягкий	20...26	3...6
То же, отвердевший	28...32	5...9
Суглинок легкий и лессовидный	18...24	3...6
То же, тяжелый	24...30	5...8
Супесок	12...17	3...5
Шлак	14...18	8...10
Галька	26...32	6...9
Песок с примесью щебня и гравия	14...28	1,5...5

Таблица П.2

Наибольшая крутизна откосов траншей и котлованов

Грунты	Наибольшая крутизна откосов при глубине выемки					
	1,5 м		3 м		5 м	
	Угол между направлением откоса и горизонталью	Отношение высоты откоса к заложению	Угол между направлением откоса и горизонталью	Отношение высоты откоса к заложению	Угол между направлением откоса и горизонталью	Отношение высоты откоса к заложению
Насыпные	56	1 : 0,67	45	1 : 1	38	1 : 1,25
Песчаные и гравийные влажные (ненасыщенные)	63	1 : 0,5	45	1 : 1	45	1 : 1
Супесь	76	1 : 0,25	56	1 : 0,67	50	1 : 0,85
Суглинок	90	1 : 0	63	1 : 0,5	53	1 : 0,75
Глина	90	1 : 0	76	1 : 0,25	63	1 : 0,5
Лесс и лессовидные сухие	90	1 : 0	63	1 : 0,5	63	1 : 0,5

Таблица П.3

**Область применения основных ведущих машин в зависимости от объемов работ**

Объем, тыс. м <sup>3</sup>	Емкость ковша экскаваторов, м <sup>3</sup>
До 0,5	0,15
До 1,5	0,15...0,3
1,5...5	0,5...0,65
5...10	0,8
11...18	1...1,25
18	4

Таблица П.4

**Ориентировочные сроки разработки котлованов и траншей**

Объем земляных работ, тыс. м <sup>3</sup>	Сроки выполнения земляных работ, дни
До 5	До 7
5...10	До 10
10...15	До 15
15...25	До 20
25...40	До 30
40...60	До 45

Таблица П.5

**Рекомендуемая грузоподъемность самосвалов при работе с одноковшовыми экскаваторами**

Расстояние транспортирования, км	Вместимость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>						
	0,4	0,65	1	1,25	1,6	2,5	4,6
0,5	4,5	4,5	7	7	10	—	—
1	7	7	10	10	10	12	27
1,5	7	7	10	10	12	18	27
2	7	10	10	12	18	18	27
3	7	10	12	12	18	27	40
4	10	10	12	18	18	27	40
5	10	10	12	18	18	27	40

Таблица П.6

**Параметры самосвалов**

Наименование автомобиля	ЗИЛ-585	ЗИЛ-555	МАЗ-205	МАЗ-503	КрАЗ-222	КрАЗ-256	МАЗ-525	БелАЗ-540	МАЗ-530
Грузоподъемность, т	3,5	4,5	6	7	10	11	25	27	40

Таблица П.7

**Объем грунта в кузове автосамосвала**

Грузоподъемность автосамосвала, т	Плотность грунта, т/м <sup>3</sup>		
	1,2...1,5	1,6...1,9	2...2,3
3,5	2,5	1,65	1,6
4	3,1	2,1	1,85
6	4,3	3,5	2,8
7	5	4,1	3,3
10	7,5	5,7	4,6
25	14,4	11	8,72
27	18,5	14	11,1
40	22	16,6	13,6

Таблица П.8

**Значение коэффициента наполнения  $K_n$** 

Плотность грунта, т/м <sup>3</sup>	Привод экскаватора	
	механический	гидравлический
1,2...1,5	0,85	0,85
1,6...1,9	0,68	0,77
2...2,3	0,45	0,68

Таблица П.9

**Продолжительность вспомогательных операций, с**

Грузоподъемность автосамосвала	Время разгрузки самосвала, с	Маневры, с
3,5	36	36
4,5	60	36
6...7	60	36
10...11	60	36
25...27	84	24

Таблица П.10

**Средняя скорость движения автосамосвалов по дорогам с разным видом покрытия**

Тип дорог	Класс дорог	Средняя расчетная скорость движения, км/ч, при дальности перевозки, км				
		0,5	1	2	3	5
Асфальтовые, бетонные	I	20	25	35	35	35
Щебеночные и гравийные	II	18	22	30	30	30
Булыжная мостовая	III	16	20	27	27	27
Грунтовые дороги	IV	15	17	25	25	25

Учебное электронное издание

**Чередниченко** Татьяна Федотовна  
**Тухарели** Владислав Димитриевич

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТРОЙСТВА ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Учебное пособие

Начальник РИО *М. Л. Песчаная*  
Редактор *И. Б. Чижикова*  
Компьютерная правка и верстка *М. А. Денисова*

Минимальные систем. требования:  
PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0.

Подписано в свет 08.05.2015.  
Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 4,5. Объем данных 6,3 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»  
Редакционно-издательский отдел  
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1  
<http://www.vgasu.ru>, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)