

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»

М.В. Исаенко, Е.В. Андреева

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ
РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ
ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Учебное пособие



Омск • 2016

УДК 625.731
ББК 39.311
И85

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. В.Н. Ефименко (ФГБОУ ВО «ТГАСУ»);
д-р техн. наук, проф. В.В. Сиротюк (ФГБОУ ВО «СибАДИ»)

Работа утверждена редакционно-издательским советом СибАДИ в качестве учебного пособия.

Исаенко, Маргарита Владимировна.

И85 Технология и организация работ по возведению земляного полотна автомобильных дорог [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.В. Исаенко, Е.В. Андреева. – 2-е изд., деривативное, испр. и доп. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2016. – Режим досту-па: <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd223.pdf>, свободный после авторизации. – Загл. с экрана.

Рассмотрены основные вопросы возведения земляного полотна: характеристика района строительства, определение сроков производства работ и объемов работ при возведении земляного полотна. Приводятся последовательность технологических процессов при возведении земляного полотна, особенности их выполнения, основные характеристики используемых машин, подбор ведущих и вспомогательных машин, а также условия их эффективного использования. Рассмотрены вопросы определения параметров потока, последовательность построения технологической схемы возведения земляного полотна, линейного календарного графика и эпюр потребности автомобильного транспорта.

Особое внимание уделено основным положениям выполнения производственного контроля, а также экологической безопасности при выполнении дорожно-строительных работ.

Имеет интерактивное оглавление в виде закладок.

Рекомендовано для обучающихся всех форм обучения направлений «Строительство», «Геодезия и дистанционное зондирование», специальностей «Строительство уникальных зданий и сооружений», «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей», «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей», а также для инженерно-технических работников сферы автодорожного строительства. Работа подготовлена на кафедре «Строительство и эксплуатация дорог».

Текстовое (символьное) издание (15,0 МБ)

Системные требования : Intel, 3,4 GHz ; 150 МБ ; Windows XP/Vista/7 ; DVD-ROM ;
1 Гб свободного места на жестком диске ; программа для чтения pdf-файлов Adobe Acrobat Reader

Издание 2-е, деривативное, доп. и испр. Дата подписания к использованию 16.11.2016

Издательско-полиграфический центр СибАДИ. 644080, г. Омск, пр. Мира, 5
РИО ИПЦ СибАДИ. 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1

© ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2015

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2016

Авторы выражают глубокую признательность за предложения и замечания доктору технических наук, профессору кафедры «Строительная механика и геотехнологии» СибАДИ Владимиру Николаевичу Шестакову.

ВВЕДЕНИЕ

Пособие предназначено для изучения и закрепления материала теоретического курса по дисциплинам «Технология и организация работ по строительству земляного полотна», «Технологические процессы в строительстве», «Технология строительства» раздела «Технология и организация работ по строительству земляного полотна», а также при выполнении курсового и дипломного проектирования.

В работе рассмотрены основные вопросы возведения земляного полотна: характеристика района строительства, определение сроков производства работ и объемов работ при возведении земляного полотна. Приводится последовательность технологических процессов при возведении земляного полотна, особенности их выполнения, основные характеристики используемых машин, подбор ведущих и вспомогательных машин, а также условия их эффективного использования. Рассмотрены вопросы определения параметров потока, последовательность построения технологической схемы возведения земляного полотна, линейного календарного графика и эпюр потребности автомобильного транспорта.

Особое внимание уделено основным положениям выполнения производственного контроля, а также экологической безопасности при выполнении дорожно-строительных работ.

Параллельно с изложением основных положений теоретического курса приводится решение практических задач на примере выполнения курсового проекта, что способствует повышению эффективности усвоения материала студентами.

Пример рассмотрен на основании следующих исходных данных:

Район строительства – юг Омской области.

Протяженность строящегося участка – 13 км.

Категория дороги – II.

Срок строительства – с 1.05 по 31.10 (с учетом сроков распутицы заданного района).

Средняя высота насыпи – 1,8 м.

Толщина дорожной одежды – 0,72 м.

Отверстие водопропускной трубы – 1,25 м.

Характеристика грунтов: суглинок легкий.

Плотность грунта $\rho_{d\max} = 1,62 \text{ г/см}^3$.

Влажность грунта на границе текучести $W_T = 30 \%$.

Фактическая (естественная) влажность грунта $W_\phi = 12 \%$.

В процессе выполнения работы студент осваивает навыки самостоятельной работы со справочной и технической литературой, а также методического изложения материала.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1. Общие сведения и термины

Земляное полотно является одним из основных элементов автомобильной дороги. От его состояния в большой степени зависят эксплуатационные показатели дорожной конструкции. Работоспособность земляного полотна достигается эффективным выбором конструкции, устройством надежного водоотвода, своевременным устранением повреждений полотна и водоотводных сооружений, т. е. обеспечивается на стадиях проектирования, строительства дороги и ее эксплуатации. Однако прочность и устойчивость земляного полотна в значительной степени зависят от качественного выполнения земляных работ (рационального размещения в теле полотна грунтов, различных по своим физико-механическим свойствам, достижения необходимой плотности и влажности грунтов, устройства надежного основания под насыпями, эффективного использования дорожно-строительной техники, качественного ведения строительно-монтажных работ и т. д.).

Автомобильная дорога – комплекс конструктивных элементов, предназначенных для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей и иных наземных транспортных средств, осуществляющих перевозки пассажиров и (или) грузов, а также участки земель, предоставленные для их размещения.

Бровка – линия пересечения плоскости откоса и поверхности земляного полотна в местах их сопряжения. По ней определяются рабочие отметки земляного полотна автомобильной дороги.

Водоотвод дорожный – комплекс сооружений и отдельных конструктивных устройств, предназначенный для предотвращения переувлажнения земляного полотна и скопления воды на дорожном покрытии.

Выемка – земляное сооружение, выполненное путем срезки грунта по заданному профилю; при этом вся поверхность земляного полотна расположена ниже поверхности земли.

Высота насыпи – расстояние по вертикали от естественного уровня земли до низа дорожной одежды, определяемое по оси земляного полотна.

Грунт – горные породы, залегающие преимущественно в пределах зоны выветривания земли и являющиеся объектом инженерно-строительной и хозяйственной деятельности человека.

Грунты вечномерзлые – грунты, которые в условиях природного залегания находятся в мерзлом состоянии непрерывно (без оттаивания) в течение многих (трех и более) лет.

Грунты пучинистые – общее название грунтов, относительное морозное пучение которых превышает 1 %.

Грунты слабые – связные грунты, имеющие прочность на сдвиг в природном залегании менее 0,075 МПа (при испытании прибором вращательного среза) или модуль осадки при нагрузке 0,25 МПа более 50 мм/м (модуль деформации ниже 0,5 МПа); требуют укрепления или замены.

Земляное полотно – геотехническая конструкция, выполняемая в виде насыпей, выемок или полунасыпей-полувыемок, служащая для обеспечения проектного пространственного расположения проезжей части дороги и в качестве грунтового основания (подстилающего грунта) конструкции дорожной одежды.

Искусственные сооружения – сооружения, устраиваемые на дорогах при пересечении рек, оврагов, горных хребтов, дорог и других препятствий, снегозащитные, противообвальные. Основные искусственные сооружения: мосты, путепроводы, тоннели, эстакады, трубы и др.

Комплект дорожных машин – совокупность дорожных машин, включающая в себя ведущую машину для выполнения основных работ и комплектующие (вспомогательные) машины, обеспечивающие совместное полное выполнение того или иного вида работ на строительстве дорог и мостовых сооружений или их эксплуатации. Рекомендуется и рассчитывается по технологическим возможностям и производительности ведущей машины при минимуме затрат и максимуме использования всех машин комплекта.

Насыпь – инженерное земляное сооружение из насыпного грунта, в пределах которого вся поверхность земляного полотна расположена выше уровня земли (подстилающего грунта).

Основание естественное – массив грунта в условиях естественного залегания, используемый в качестве несущего основания насыпи.

Почва – верхний слой земной коры, подвергшийся длительному воздействию температуры, атмосферных факторов, влаги, микроорганизмов и растительности и содержащий в верхних горизонтах гумус.

Проект организации строительства (ПОС) разрабатывается проектной организацией на основе технико-экономических обоснований, материалов изысканий, схем снабжения и способов организации работ. ПОС определяет организационно-технологические схемы строительства и содержит сведения для определения сметной стоимости объекта. В ПОС включают календарный план строительства, ведомость объектов работ, график потребности в материалах и оборудовании, места размещения производственных предприятий и т. п.

Проект производства работ (ППР) разрабатывается проектной организацией или подрядной организацией и предназначен для повышения организационно-технического уровня строительства и обеспечения своевременного ввода дороги в эксплуатацию. ППР разрабатывается на основе проекта организации строительства и включает в себя: комплексный, сетевой или календарный график, график поступления материалов, оборудования и машин, график их потребности по неделям и месяцам и потребности в рабочих кадрах, технологические карты, указания по охране труда.

Строительство автомобильной дороги – комплекс технологических, инфраструктурных и управленческих процессов по сооружению автомобильной дороги.

Технология – совокупность операций и режимов работы машин и оборудования для обработки, изготовления, изменения свойств исходных материалов, применяемых в процессе производства для получения готовой продукции.

1.2. Климатическая характеристика района строительства

Процесс дорожного строительного производства в значительной степени зависит от климата района строительства, так как подавляющее большинство технологических операций выполняется на открытом воздухе. В связи с этим на начальном этапе проектирования вопросов производства работ, наряду с административным значением района, описанием рельефа, гидрологии и гидрографии, наличием ме-

стных дорожно-строительных материалов, наличием грунтов и растительности, необходимо дать детальное описание **климатической характеристики** района строительства, которая включает в себя:

- среднемесячную температуру воздуха;
- глубину промерзания грунта;
- величину осадков;
- высоту снежного покрова;
- частоту повторяемости ветра и его скорости.

Температура воздуха – мера его теплового состояния, пропорциональная энергии беспорядочных тепловых движений молекул воздуха, °С. Температура воздуха – наиболее изменчивый климатический фактор, влияющий на технологию производства дорожно-строительных работ, свойства используемых материалов, а также на условия труда и отдыха работающих.

При температуре воздуха ниже 0 °С происходит процесс превращения влаги, содержащейся в грунте, в лед (**промерзание грунта**). Величина глубины промерзания грунта используется при выполнении земляных работ (возведение насыпей и разработка выемок, отсыпка насыпей на заболоченных участках, строительство водопропускных труб) при пониженных температурах воздуха, а также для определения сроков весенней и осенней распутиц.

В течение холодного периода происходит нарастание **снежного покрова** на поверхности земли, максимальное значение которого используется на стадии проектирования дорог для определения высоты насыпи из условий ее снегонезаносимости, а на стадии строительства – при определении толщины теплоизоляционного слоя из снега на поверхности карьера грунта.

На приведенном примере дорожно-климатического графика (рис. 1.1) представлены группы работ, которые классифицируются по температурным условиям производства работ и отличаются сроками их выполнения (табл. 1.1), а также графическое отображение элементов климатической характеристики района строительства.

Распутица – период времени, в течение которого из-за сильного переувлажнения грунтовых дорог резко снижается их несущая способность, и движение автомобильного транспорта становится затруднительным или практически невозможным.

Осенняя распутица наступает в период, когда средняя суточная температура воздуха опускается ниже $+5^{\circ}\text{C}$, что способствует уменьшению испарения влаги, а повторяемость обложных дождей, насыщающих влагой верхний слой грунта, возрастает.

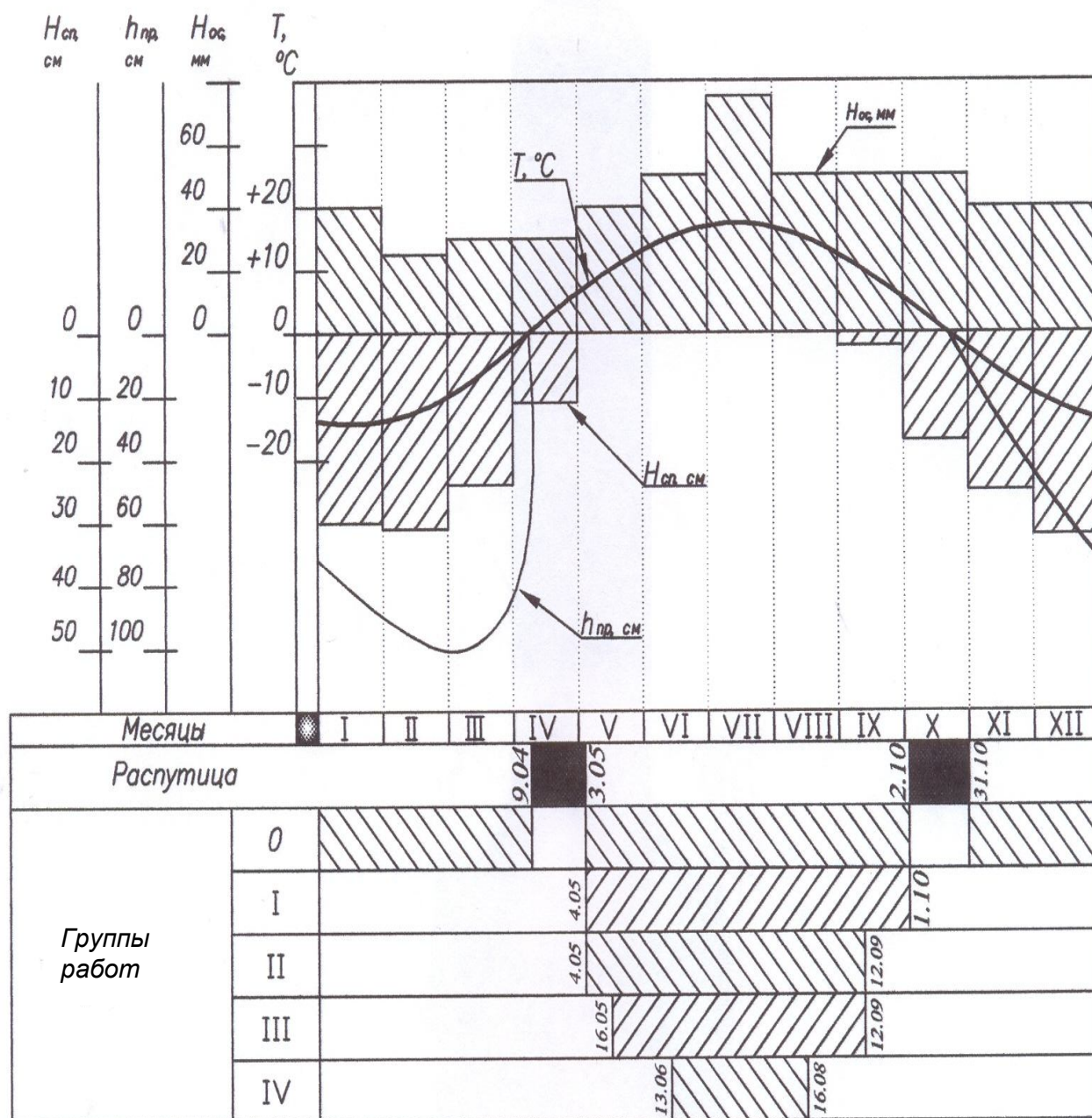


Рис. 1.1. Дорожно-климатический график: T – среднемесячная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; H_{oc} – среднемесячная величина выпадения осадков, мм; H_{cn} – среднемесячная высота снежного покрова, см; h_{np} – среднемесячная глубина промерзания грунта, см

Прекращается осенняя распутица с наступлением устойчивых отрицательных температур воздуха, когда верхний слой грунта промерзает. Промерзание грунта на глубину порядка 15 см обеспечивает проходимость груженых автомобилей построечного транспорта.

Таблица 1.1

**Классификация дорожных работ по группам
в зависимости от температурных условий их производства**

Группа работ	Наименование работ	Среднесуточная допускаемая температура воздуха, °С
0	Сосредоточенные земляные работы, разработка скальных грунтов, строительство мостов, труб и зданий, покрытий из сборных конструкций	Не нормируется
I	Строительство слоев дорожных одежд из минеральных материалов (щебеночных, гравийных, шлаковых и др.) Линейные земляные работы	Не ниже 0 После оттаивания грунта
II	Строительство слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими, из асфальто -, цемента -, шлакобетонных смесей, минеральных материалов, обработанных органическими вяжущими в установках	После оттаивания грунта не ниже 5 весной и 10 осенью
III	Строительство слоев дорожных одежд из грунтов и минеральных материалов, обработанных органическими вяжущими смешением на дороге	Не ниже 10
IV	Поверхностные обработки органическими вяжущими без добавок полимерных материалов	Не ниже 15

Весной распутица наступает вслед за сходом снежного покрова, когда начинается оттаивание верхнего слоя грунта, и достигает максимума в период оттаивания грунта до 20 – 30 см. Прекращение распутицы совпадает с моментом просыхания грунта на глубину порядка 20 см. Средние даты начала τ_{nr}^6 и конца $\tau_{кр}^6$ весенней распутицы рассчитываются по формулам

$$\tau_{nr}^6 = \tau_1 + \frac{5}{\alpha}; \quad (1.1)$$

$$\tau_{кр}^6 = \tau_{нр}^6 + \frac{0,7\bar{H}(\tau_{\Omega})}{\bar{\alpha}}, \quad (1.2)$$

где τ_1 – среднегодовое значение даты перехода температуры воздуха через 0°C ; $\bar{\alpha}$ – среднегодовое значение скорости оттаивания грунта, см/сут; $\bar{H}(\tau_{\Omega})$ – среднегодовое значение максимальной глубины промерзания грунта, см.

$$\bar{\alpha} = \frac{5,8\bar{H}(\tau_{\Omega})}{\tau_{\Omega}^{(+)}}, \quad (1.3)$$

где $\tau_{\Omega}^{(+)}$ – среднегодовое значение продолжительности теплого периода года, сут.

Ветер – движение воздуха относительно земной поверхности. В понятие *ветер* включают числовые значения скорости ветра в м/с и румб (С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ) направления ветра. Иллюстративное изображение этих величин приводится на розе ветров (рис. 1.2).

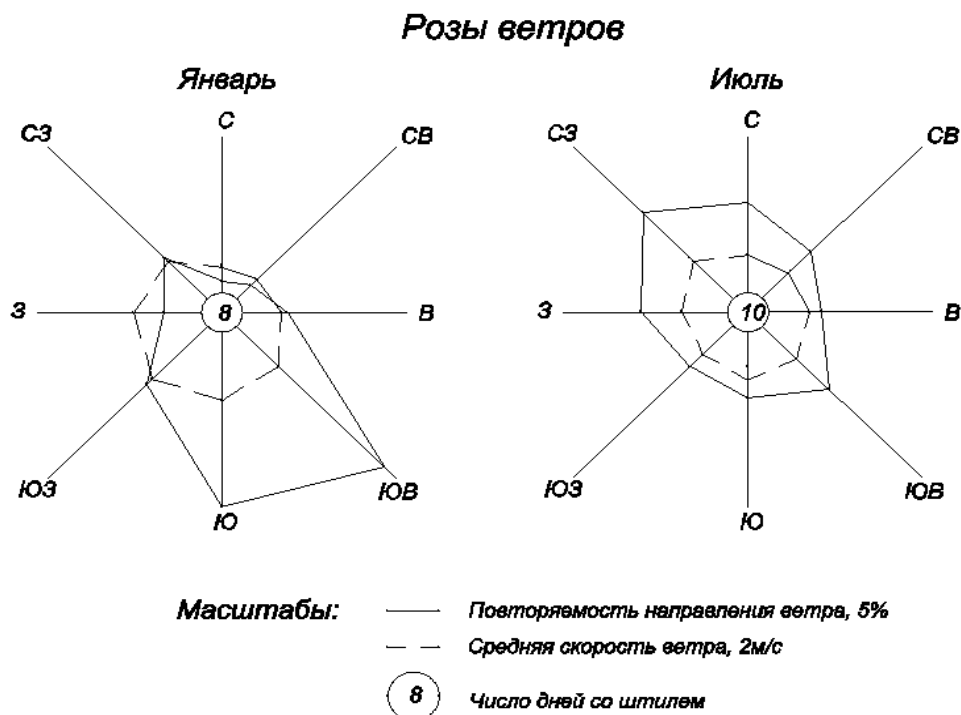


Рис. 1.2. Розы ветров

Роза ветров – диаграмма, показывающая повторяемость ветров различных направлений в данной местности и их скоростей по рум-

бам. Определение преобладающего направления ветра используется при проектировании местоположения производственных предприятий, складских территорий и т.д., чтобы избежать загрязнения близлежащих населенных пунктов, зон проживания и отдыха работающих, а также для определения направления в зимнее время наноса снежных масс и времени остывания материалов в период строительства и эксплуатации транспортных сооружений.

Розы ветров отражают характеристики ветра для холодного периода (январь) и теплого периода (июль) с обязательным нанесением условных обозначений и масштаба.

Для определения **коэффициента сменности** $K_{см}$, а затем и продолжительности строительного периода $T_{стр}$, необходимо построить график **гражданских сумерек**.

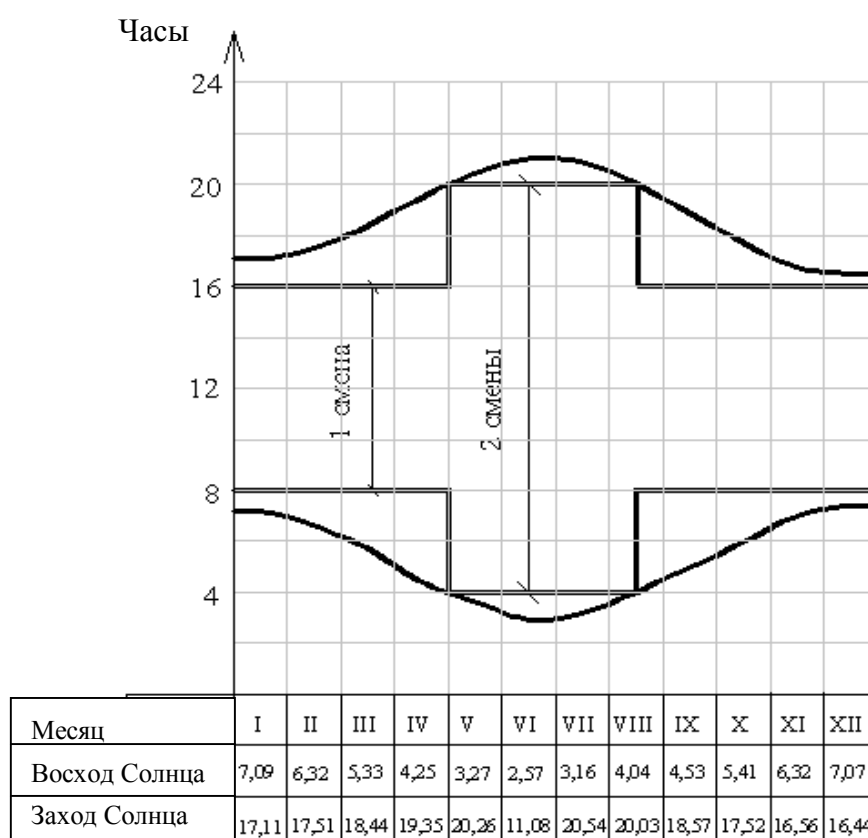


Рис. 1.3. График гражданских сумерек

Гражданский день (световой день) – часть суток, в течение которой глубина погружения солнца за горизонтом не превышает 7° .

Гражданские сумерки включают в себя гражданский день и период суток между ночью и днем (серое время суток, про которое го-

ворят «светает», «смеркается»). На основе данных о широте района строительства и времени начала и окончания гражданских сумерек (прил. А) строится график (рис. 1.3).

По оси абсцисс наносятся месяцы года, время восхода и захода солнца, а по оси ординат – продолжительность суток в часах. От средней линии, соответствующей 12 ч, откладываются вниз и вверх соответственно время начала и окончания гражданских сумерек (в часах) для каждого календарного месяца. Нанесенные точки соединяются плавной линией. Затем от средней оси в обе стороны откладываются длительность одной смены (8,0 ч) и длительность двух смен (16,0 ч). Пересечения линий односменного и двухсменного режимов работы с границей темного времени суток являются сроками начала и окончания производства работ в одну или две смены. Для высоких широт (более 60°) данные по времени начала и окончания гражданских сумерек в летнее время отсутствуют, происходит разрыв плавной линии, так как солнце полностью не заходит за горизонт и сумерки продолжаются всю ночь («белые ночи»). Для районов, находящихся на широтах выше 66 параллели, в этот период световой день продолжается 24 ч в сутки (май – июль).

С помощью графика гражданских сумерек рассчитывается коэффициент сменности $K_{см}$ (в данном случае для первой группы работ):

$$K_{см} = \frac{n_1 \cdot 1 + n_2 \cdot 2}{n_1 + n_2}, \quad (1.4)$$

где n_1, n_2 – количество дней в месяце с возможностью выполнения работ соответственно в одну и две смены.

Значение полученного коэффициента сменности варьируется от 1 до 2. При трехсменном графике работы («белые ночи») значение коэффициента сменности увеличивается до 3. В этом случае на предприятиях дорожного производства (карьеры ДСМ, АБЗ и др.) предусматривают наличие искусственного освещения.

1.3. Характеристика строящегося участка

Строительство автомобильной дороги можно условно разделить на несколько этапов, включающих различного вида работы, предшествующие непосредственно дорожно-строительным процессам: изы-

скательские работы, деятельность проектных организаций и т.д. (рис. 1.4).

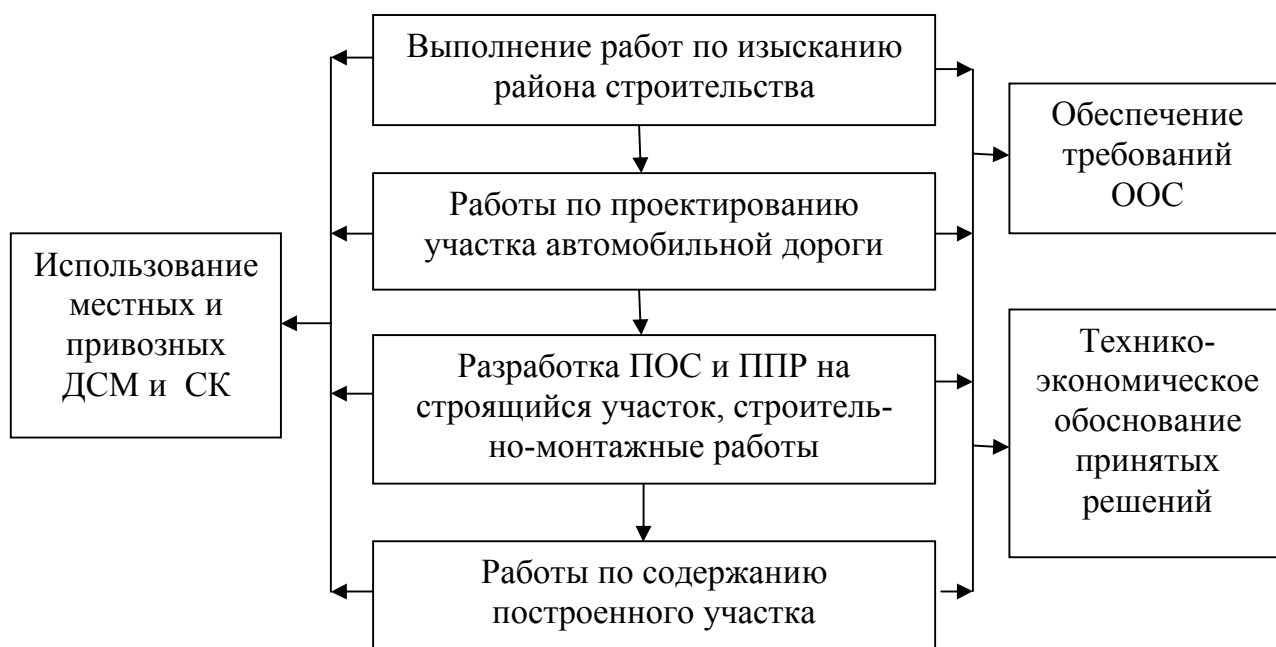


Рис. 1.4. Этапы выполнения работ по строительству автомобильной дороги

ППР разрабатывается на основе проекта автомобильной дороги, в котором приведены план трассы, продольный и поперечные профили автомобильной дороги и т.п.

В рассматриваемом примере курсового проекта (КП) приводятся полное название дороги (в соответствии с заданием) и протяженность строящегося участка на плане дороги. Название трассы выбирается по карте района строительства.

План дороги – горизонтальная проекция дороги со всеми сооружениями, расположенными на дороге (с нанесенным на него километражем, населенными пунктами, существующей транспортной сетью, ситуацией вдоль полосы отвода, местоположением водопропускных труб и мостов). На план дороги в соответствии с предложенной схемой (рис. 1.5) наносится местоположение производственной базы предприятия (в данном случае сосредоточенного резерва грунта) и водопропускных труб.

Водопропускная труба – инженерное сооружение, укладываемое в теле насыпи автомобильной дороги для пропуска водного потока (ручья; воды, собирающейся в пониженных местах, и т.д.).

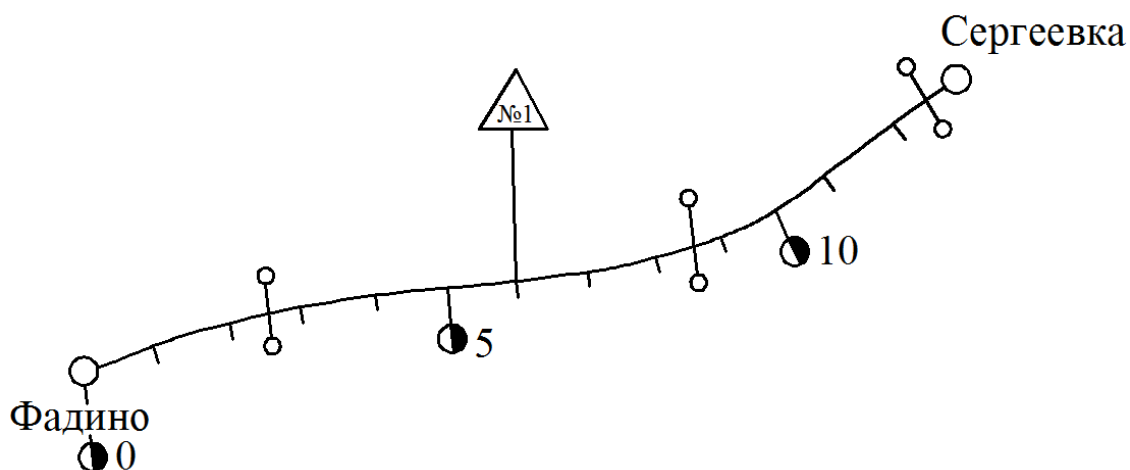


Рис. 1.5. План-схема строящейся дороги:

 – сосредоточенный резерв грунта;  – водопропускная труба

Производственная база предприятия – комплекс постоянных и временных сооружений и предприятий дорожной организации, предназначенный для оперативного обеспечения строительства материально-техническими ресурсами и изготовления материалов, полуфабрикатов и изделий, используемых в процессе дорожного строительства (складских помещений, карьеров дорожно-строительных материалов, грунтовых карьеров, асфальто - или цементобетонных заводов и т.д.).

1.4. Поперечные профили земляного полотна

На основании данных продольного профиля участка дороги назначаются **типы поперечных профилей** земляного полотна с указанием их **геометрических размеров** (в соответствии с технической категорией дороги) и **коэффициента заложения откосов**, который характеризуется отношением высоты откоса к его горизонтальной проекции (рис. 1.6).

Поперечный профиль – изображение сечения дороги плоскостью, перпендикулярной к ее оси.

Для заданной технической категории автомобильной дороги в табличную форму из нормативных документов сводятся ее основные технические параметры: ширина проезжей части и земляного полотна, число полос движения, расчетная скорость движения автомобиля, величина поперечных уклонов проезжей части и земляного полотна, величина продольных уклонов.

Пример. Для II технической категории в табл.1.2 занесены основные технические параметры строящегося участка.

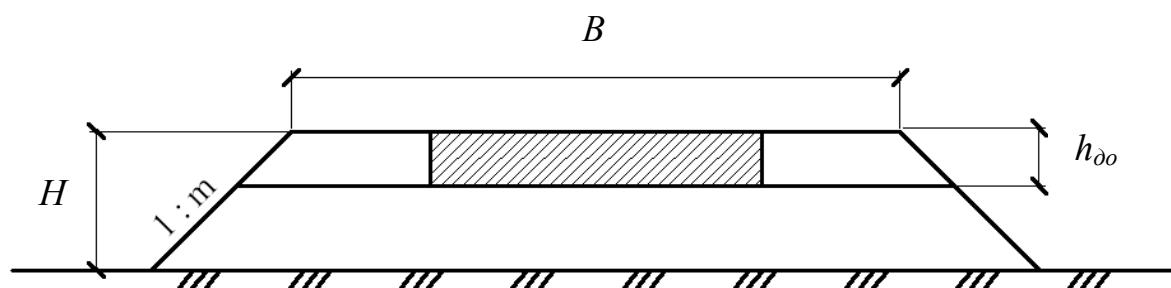


Рис. 1.6. Упрощенная схема поперечного профиля насыпи земляного полотна: B – ширина земляного полотна поверху, м; H – средняя высота насыпи с учетом дорожной одежды (рабочая отметка из продольного профиля), м; $h_{до}$ – толщина дорожной одежды, м; $1:m$ – коэффициент заложения откосов насыпи

Таблица 1.2

Технические параметры строящегося участка

Технические показатели	Единица измерения	Значение показателя
Число полос движения	шт.	2
Ширина полосы движения	м	3,75
Ширина обочины	м	3,75
Ширина земляного полотна	м	15
Ширина проезжей части	м	7,5
....	...	...

Контрольные вопросы

1. Что включают в себя понятия «автомобильная дорога», «земляное полотно», «насыпь», «выемка»?
2. Какими показателями описывается климатическая характеристика района строительства?
3. Что такое грунты?
4. Для чего строится дорожно-климатический график?
5. Какие этапы выполнения работ включает в себя строительство автомобильной дороги?
6. Каково назначение «розы ветров»?

7. Как определяется коэффициент сменности и где он используется?
8. Для чего и где устраиваются водопропускные трубы?
9. Как назначается категория дороги?
10. От чего зависят технические параметры строящегося участка?
11. Какие элементы поперечного профиля земляного полотна вы знаете?
12. Какие типы поперечных профилей земляного полотна вы знаете?
13. Что такое ПОС?
14. Что включает в себя ППР?
15. Что такое «строительство автомобильной дороги», «технология», «земляное полотно», «комплект дорожных машин»?

2. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

2.1. Виды и объемы работ

Одним из важнейших вопросов строительства является определение видов и объемов работ. Все строительно-монтажные работы по возведению земляного полотна условно поделены на три вида: *подготовительные, основные, отделочные*.

Подготовительные работы – создание геодезической разбивочной основы (ГРО); перенос и переустройство воздушных и кабельных линий связи, электропередачи, трубопроводов, коллекторов и др.; восстановление и закрепление трассы дороги; расчистка дорожной полосы; расчистка территорий, отведенных под карьеры и резервы; подготовка и усиление сети автомобильных дорог, намечаемых к использованию в период строительства; строительство производственных предприятий, временных жилых поселков.

Выполнение геодезических разбивочных работ включает в себя: восстановление и вынос за границу полосы отвода всех знаков геодезической разбивочной основы; разбивку по трассе всех пикетов и плюсовых точек с выноской за границу полосы отвода; установление дополнительных реперов у насыпей высотой свыше 3 м, выемок, искусственных сооружений; установление промежуточных реперов на пересеченной местности; разбивку круговых и переходных кривых с выноской и закреплением промежуточных точек.

Основные работы – основной цикл строительных работ, включающий подготовку грунтовых оснований под насыпи, разработку и перемещение грунта, его разравнивание, при необходимости увлажнение или просушивание грунта, а также его послойное уплотнение до требуемой плотности.

Отделочные работы выполняются после завершения основных работ и включают в себя **планировочные работы** и **укрепление откосов насыпей и выемок, поверхности боковых резервов** (при их наличии), восстановление растительного слоя на территориях, отведенных во временное пользование.

Для каждого вида выполняемых работ необходимо определить объемы работ.

Принципиальным вопросом при этом является выбор способа возведения земляного полотна и местоположения грунтового резерва.

В практике дорожного строительства в основном используют следующие способы возведения земляного полотна: **корытный способ** и **возведение насыпи с присыпными обочинами**. В первом случае при возведении насыпи в верхней ее части нарезается корыто с последующим устройством в нём слоев дорожной одежды – этот способ является достаточно трудоемким и используется в основном для строительства городских дорог. В дождливую погоду в корыте собирается влага, что приводит к переувлажнению земляного полотна. На практике чаще используется второй, наиболее распространенный и простой способ, при котором насыпь отсыпается на высоту h_n до низа дорожной одежды. Обочины в этом случае отсыпаются позднее, параллельно с укладкой слоев дорожной одежды.

Грунт для отсыпки насыпи земляного полотна разрабатывают и перемещают следующими приемами:

– **из боковых резервов** (вдоль строящегося участка). Этот способ в прошлые годы широко использовался при выполнении линейных работ. Из-за короткого пути транспортировки грунта он является наиболее экономичным, однако имеет ряд недостатков: увеличивается ширина полосы земли, отводимой на время строительства; на протяжении строящегося участка могут меняться характеристики грунта, что отрицательно сказывается на качестве отсыпаемой насыпи; увеличивается объем работ по восстановлению отводимых земель; осложняется отвод воды от земляного полотна и т.д. В настоящее время этот способ не рекомендуется к производству, исключение составля-

ют малозаселенные районы с возведением насыпей высотой до 1 м и пригодными грунтами вдоль строящегося участка;

– **из сосредоточенного резерва**, находящегося на небольшом расстоянии от места строительства. Этот способ наиболее распространен и широко применяется в дорожном строительстве: при отсыпке насыпи; при работе в городской зоне застройки; при возведении насыпи на заболоченной местности; при строительстве на территории ценных земель; в случае возведения насыпи с проходящими рядом коммуникациями. Он эффективен при отсыпке мостовых подходов, а также высоких насыпей.

При этом важным остается вопрос оценки пригодности грунтов для отсыпки в насыпь.

Грунты, используемые для возведения насыпей, разделяют на четыре основные группы:

– **скальные**, добываемые путем разрушения естественных сплошных или трещиноватых скальных массивов;

– **крупнообломочные**, залегающие в естественных условиях в виде аллювиальных и делювиальных отложений;

– **песчаные**;

– **глинистые**.

Каждая из перечисленных групп имеет классификацию по разновидностям и своим особым характеристикам.

При возведении насыпей **рекомендуется применять** грунты, состояние которых под действием природных факторов не изменяется или изменяется незначительно, что не влияет на их прочность и устойчивость в теле земляного полотна. К таким грунтам относят скальные неразмягчаемые породы, крупнообломочные, песчаные (кроме мелких и пылеватых), супеси легкие и крупные. Эти грунты применяют для возведения земляного полотна без ограничений.

Грунты глинистые, мелкие и пылеватые пески, размягчаемые скальные грунты, некоторые грунты особых разновидностей также пригодны для возведения земляного полотна, но при этом необходимо учитывать некоторые ограничения.

Возможность и целесообразность применения этих грунтов устанавливаются в зависимости от местных условий и технико-экономических соображений. Например, глины мергелистые, сланцевые и жирные, грунты меловые тальковые и трепелы пригодны для отсыпки насыпей в благоприятных условиях, т.е. в сухих местах. В то же время на участках с неблагоприятными гидрологическими усло-

виями, в поймах рек, в низинах, где уровень грунтовых вод высокий или возможно длительное подтопление поверхностными водами, эти грунты могут быть применены с осторожностью.

Для нижней части насыпей, длительно или постоянно подтопляемых водой, можно применять скальные или крупнообломочные грунты, песок крупный или средней крупности, супесь легкую крупную с массовой долей глинистых частиц не более 6 %.

Не рекомендуется применять при отсыпки насыпей грунты глинистые, избыточно засоленные; глинистые, влажность которых выше допустимой; торф, ил, глинистые грунты с примесью ила и органических веществ, верхний почвенный слой, содержащий в большом количестве корни растений; тальковые грунты и трепелы для насыпей и на участках, где возможен длительный застой воды; содержащие гипс в количестве, превышающем норму.

Насыпи, как правило, возводят из однородных грунтов, но при необходимости их можно отсыпать и из разных грунтов. Располагать эти грунты надо отдельными горизонтальными слоями; предпочтительно в верхней части насыпи (1,0...1,5 м) применять более прочные грунты, так как эта часть насыпи обычно подвергается большему воздействию природных факторов и транспортных средств.

Недопустима беспорядочная отсыпка грунтов в насыпи, потому что в такой неоднородной массе происходит неравномерное перераспределение влаги и изменение физических свойств под влиянием климатических факторов. Вследствие этого нарушается ровность при морозном пучении грунта, а при оттаивании образуется неравнопрочное основание дорожной одежды, что также ведет к нарушению ровности или разрушению дорожной одежды.

При отсыпке нижней части насыпи из дренирующих грунтов толщина этого слоя должна быть больше высоты капиллярного поднятия в этом грунте, для того чтобы предотвратить приток воды в верхнюю часть насыпи.

Определение объемов грунта, необходимого для выполнения земляных работ, в реальных условиях выполняют на каждые 100 м («по пикетам») или на более короткое расстояние, если меняется тип поперечника («рубленный пикет»). При этом на каждом участке определяют среднюю высоту насыпи или глубину выемки (рис. 2.1).

Для выполнения расчетов объемов основных работ принимаем поперечный профиль земляного полотна с высотой насыпи H , полу-

ченной как среднее значение высот насыпей на всем протяжении строящегося участка.

Высота насыпи без учета дорожной одежды h_n определяется выражением

$$h_n = H - h_{до} + h_{рс}, \quad (2.1)$$

где H – средняя высота насыпи с учетом толщины слоев дорожной одежды $h_{до}$, м; $h_{рс}$ – толщина снимаемого растительного слоя, м.

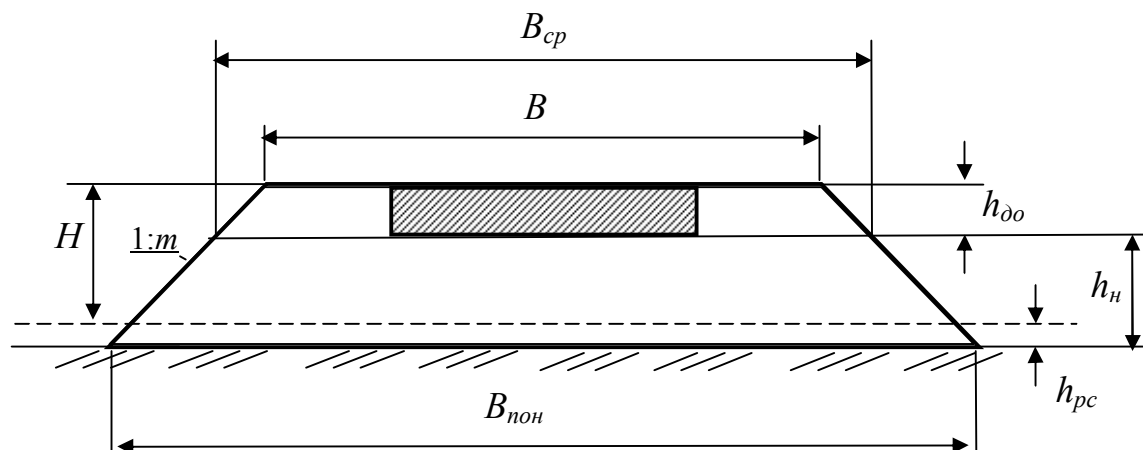


Рис. 2.1. Схема к определению геометрических размеров насыпи при возведении из грунтов сосредоточенного резерва: B – ширина земляного полотна поверху, м; $B_{ср}$ – «срезанная» ширина земляного полотна по низу дорожной одежды, м; $B_{пон}$ – ширина основания насыпи, м; H – средняя высота насыпи с учетом дорожной одежды (рабочая отметка из продольного профиля), м; $h_{до}$ – толщина дорожной одежды, м; h_n – высота насыпи без учета дорожной одежды, м; $h_{рс}$ – толщина растительного слоя, м; $1:m$ – коэффициент заложения откосов насыпи

Пример. Для рассматриваемого примера высота насыпи определяется следующим образом:

H – средняя высота насыпи с учетом толщины слоев дорожной одежды, принимается по заданию 1,8 м;

$h_{до}$ – суммарная толщина слоев дорожной одежды, принимается по заданию 0,72 м;

$h_{рс}$ – толщина растительного слоя (принимается условно равной 0,12 м).

$$h_n = 1,8 - 0,72 + 0,12 = 1,2 \text{ м.}$$

Для упрощения расчетов в работе объемы земляных работ рассчитываются по километрам.

Объем грунта V , необходимого для отсыпки насыпи, определяется следующим выражением:

$$V = S \cdot L \cdot K_{\text{упл}}^{\text{отн}}, \quad (2.2)$$

где S – площадь поперечного сечения насыпи, м^2 ; L – протяженность строящегося участка, м ; $K_{\text{упл}}^{\text{отн}}$ – коэффициент относительного уплотнения, принимается по табл. 2.1. Однако следует учитывать, что для точного определения объемов потребного грунта в формулу (2.2) вводят также коэффициент потерь грунта $K_{\text{п}}$ при его транспортировке скреперами и автомобилями-самосвалами: при транспортировании на расстоянии до 1 км – 0,5%, при больших расстояниях – 1,0%, бульдозером – 2,5%.

Коэффициент относительного уплотнения $K_{\text{упл}}^{\text{отн}}$ – отношение плотности сухого грунта в насыпи $\rho_{\text{дн}}$ при требуемом коэффициенте уплотнения к плотности сухого грунта в резерве $\rho_{\text{др}}$.

$$K_{\text{упл}}^{\text{отн}} = \frac{\rho_{\text{дн}}}{\rho_{\text{др}}}. \quad (2.3)$$

Таблица 2.1

Значения коэффициента относительного уплотнения

Требуемый коэффициент уплотнения грунта	Значения коэффициента относительного уплотнения для грунтов						
	пески, супеси, суглинки пылеватые	суглинки, глины	лессы и лессовидные грунты	скальные разрабатываемые грунты при объемной массе, г/см^3			шлаки, отвалы перерабатывающей промышленности
				1,9–2,2	2,2–2,4	2,4–2,7	
1,0	1,10	1,05	1,30	0,95	0,89	0,84	1,26–1,47
0,95	1,05	1,00	1,15	0,90	0,85	0,80	1,20–1,40
0,90	1,00	0,95	1,10	0,85	0,80	0,76	1,13–1,33

Этот коэффициент показывает, насколько плотность уплотненного грунта в насыпи больше естественной плотности грунта резерва, используется для определения объемов оплачиваемых земляных работ с запасом на уплотнение.

Для нахождения величины коэффициента относительного уплотнения необходимо знать величину **требуемого коэффициента уплотнения** $K_{упл}^{mp}$ – отношение требуемой плотности сухого (скелета) грунта в насыпи ρ_{dmp} к максимальной плотности сухого грунта при стандартном уплотнении ρ_{dmax} . Этот коэффициент служит для оценки степени уплотнения грунта и принимается по данным табл. 2.2.

$$K_{упл}^{mp} = \frac{\rho_{dmp}}{\rho_{dmax}}. \quad (2.4)$$

Следует учесть, что при возведении высокой насыпи для нижней и верхней ее частей значения требуемого коэффициента уплотнения могут отличаться друг от друга, следовательно, и значения относительного коэффициента уплотнения будут иметь разные величины.

Таблица 2.2

Значения требуемого коэффициента уплотнения

Элементы земляного полотна	Глубина располо- жения слоя от по- верхности покрытия, м	Наименьший коэффициент уплотнения грунта при типе дорожных одежд					
		капитальном			облегченном и переходном		
		в дорожно-климатических зонах					
		I	II, III	IV, V	I	II, III	IV, V
Рабочий слой	До 1,5	0,98–0,96	1,0– 0,98	0,98– 0,95	0,95– 0,93	0,98– 0,95	0,95
Неподтопляе- мая часть на- сыпи	Св. 1,5 до 6,0	0,95–0,93	0,95	0,95	0,93	0,95	0,90
	Св. 6,0	0,95	0,98	0,95	0,93	0,95	0,90
Подтопляемая часть насыпи	Св. 1,5 до 6,0	0,96–0,95	0,98– 0,95	0,95	0,95– 0,93	0,95	0,95
	Св. 6,0	0,96	0,98	0,98	0,95	0,95	0,95
В рабочем слое выемки ниже зоны сезонного промерзания	До 1,2	-	0,95	-	-	0,95– 0,92	-
	До 0,8	-	-	0,95– 0,92	-	-	0,90

Примечания:

1. Большие значения коэффициента уплотнения грунта следует принимать при цементобетонных покрытиях и цементогрунтовых основаниях, а также при дорожных одеждах облегченного типа, меньшие значения – во всех остальных случаях.

2. В районах поливных земель при возможности увлажнения земляного полотна требования к плотности грунта для всех типов дорожных одежд следует принимать такими же, как указано в графах для II и III дорожно-климатических зон.

3. Для земляного полотна, сооружаемого в районах распространения островной высокотемпературной вечной мерзлоты, коэффициенты уплотнения следует принимать такими же, как для II дорожно-климатической зоны.

Для определения объемов грунта следует рассчитать геометрические размеры и площадь поперечного сечения насыпи, имеющего вид трапеции, следующим образом:

$$S = \frac{B_{cp} + B_{нон}}{2} \cdot h_n ; \quad (2.5)$$

$$B_{cp} = B + 2 \cdot h_{до} \cdot m ; \quad (2.6)$$

$$B_{нон} = B_{cp} + 2 \cdot h_n \cdot m . \quad (2.7)$$

Пример.

$$B_{cp} = 15 + 2 \cdot 0,72 \cdot 4 = 20,76 \text{ м};$$

$$B_{нон} = 20,76 + 2 \cdot 1,2 \cdot 4 = 30,36 \text{ м};$$

$$S = \frac{20,76 + 30,36}{2} \cdot 1,2 = 30,67 \text{ м}^2;$$

$$V = 30,67 \cdot 13\,000 \cdot 1,05 = 418\,645,50 \text{ м}^3.$$

Следует учесть, что площадь поперечного сечения насыпи в этом случае определяется без учета величины поперечного уклона насыпи, что позволяет рассчитанный объем грунта считать примерным.

В случае возведения насыпи из боковых резервов необходимо дополнительно определить их геометрические размеры b_1 и b_2 , h_0 , а также ширину временной полосы отвода L_{no} (рис. 2.2).

Ширина резерва поверху b_1 и ширина резерва понизу b_2 определяются по выражениям (2.8), (2.9) методом подбора при различных значениях его средней глубины h_0 .

$$b_1 = \frac{S}{2 \cdot h_0} + \frac{(m+n) \cdot h_0}{2}; \quad (2.8)$$

$$b_2 = \frac{S}{2 \cdot h_0} - \frac{(m+n) \cdot h_0}{2}, \quad (2.9)$$

где S – площадь поперечного сечения насыпи, м^2 .

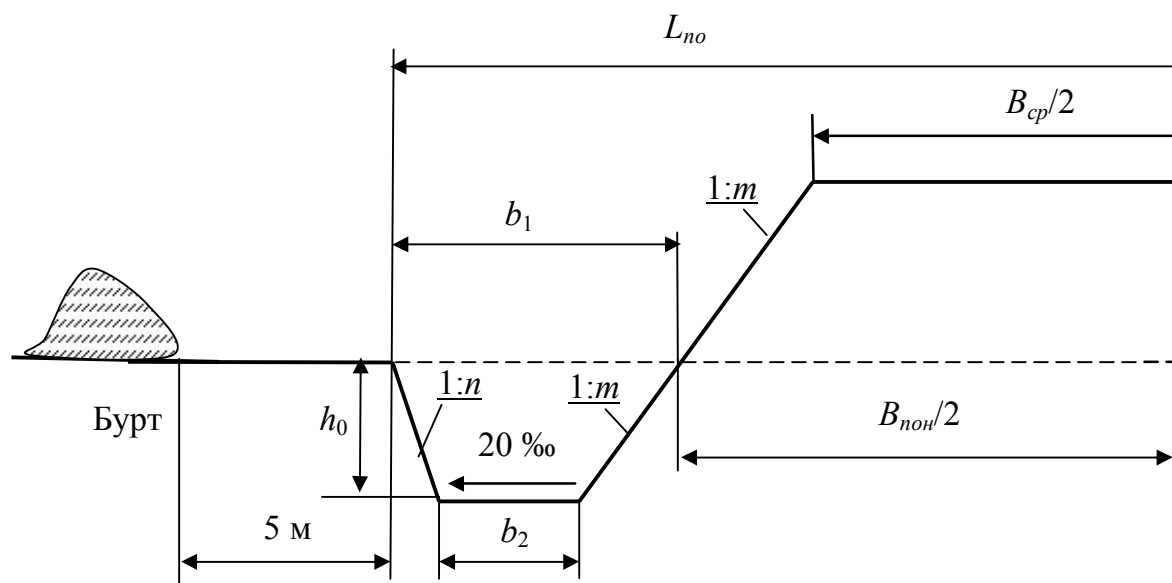


Рис. 2.2. Схема к определению геометрических размеров боковых резервов: b_1 – ширина резерва поверху, м; b_2 – ширина резерва понизу, м; h_0 – средняя глубина резерва, м; m – коэффициент заложения откосов насыпи; n – коэффициент заложения откосов резерва; L_{no} – ширина временной полосы отвода, м

Средняя глубина резерва h_0 зависит от высоты насыпи h_n , ее ширины понизу $B_{нон}$ и глубины залегания грунтовых вод. При этом следует учитывать ограничения по геометрическим размерам резерва – ши-

рина дна резерва b_2 должна обеспечивать проход бульдозера или автогрейдера, выполняющего планировочные работы, а ширина его поверхности b_1 не должна превышать 10 – 12 м для предотвращения резкого увеличения ширины полосы отвода L_{no} . Участок земли, предназначенный для размещения автомобильной дороги со всем комплексом обеспечивающих движение транспорта, именуется **полосой отвода**.

В связи с этим первоначальный расчет, как правило, начинаем с величины $h_0 = 1,0$ м. Затем проверяется выполнимость выражения $b_1 \leq 10-12$ м. Если это выражение не выполняется, то увеличиваем среднюю глубину заложения резерва на 0,1 м. Глубина заложения резерва не должна достигать глубины залегания грунтовых вод, в данном случае $h_0 \leq 1,5$ м.

$$L_{no} = B_{нон} + 2 \cdot b_1 + 2 \cdot 4 м. \quad (2.10)$$

Пример. Определим объемы основных работ на каждый километр и на всю протяженность строящегося участка по формуле (2.2). Полученные результаты заносятся в табл. 2.3 (в данные объемы не входят объемы земляных работ по отсыпке обочин, которые учитываются при составлении калькуляции трудовых затрат при строительстве дорожной одежды).

Таблица 2.3

Объем грунта для возведения насыпи

Но- мер км	Протя- жен- ность, м	Средняя высота насыпи h_n , м	Площадь попереч- ного сече- ния, $м^2$	Профиль- ный объем земляных работ, $м^3$	Значение $K_{упл}^{отн}$	Объем оп- лачиваемых земляных работ, $м^3$
0						
1	1000	1,2	30,67	30 670	1,05	32203,50
2	1000	1,2	30,67	30 670	1,05	32203,50
3	1000	1,2	30,67	30 670	1,05	32203,50
...						
13	1000	1,2	30,67	30 670	1,05	32203,50
					Итого	418645,50

На практике при возведении высоких насыпей в отдельных случаях отсыпка нижней части насыпи выполняется из боковых резервов,

а верхняя часть – из сосредоточенного. В этом случае оплачиваемые объемы земляных работ подсчитываются отдельно, а в таблицу заносятся отдельными строками.

Следует определить объемы для всех остальных видов работ.

1. После выполнения разбивочных работ необходимо снять растительный слой под подошвой будущей насыпи. В районах вечной мерзлоты растительный покров в основании насыпи и в пределах охранной зоны (ориентировочно до 50 м по обе стороны от оси трассы) должен быть сохранен. Если позволяют условия землеотведения, растительный слой снимается шире размеров подошвы насыпи с каждой стороны (1 – 4 м). Растительный слой сдвигается за границы будущей насыпи в бурты (валы) и в дальнейшем используется для укрепления откосов. Объем работ по срезке растительного слоя при разработке грунта в сосредоточенном резерве измеряется в м^2 .

$$S_{pc} = (B_{нон} + 2 \cdot 4\text{м}) \cdot L, \quad (2.11)$$

где S_{pc} – площадь участка расчистки, м^2 ; $B_{нон}$ – ширина участка расчистки, в данном случае ширина насыпи понизу или ширина основания насыпи, м; 4 м с каждой стороны отводится для обеспечения движения техники.

В случае разработки грунта из боковых резервов объем работ по срезке растительного слоя определяется по формуле

$$S_{pc} = (B_{нон} + 2 \cdot b_1 + 2 \cdot 4\text{м}) \cdot L. \quad (2.12)$$

Основание насыпи – массив грунта в условиях естественного залегания, располагающийся ниже насыпного слоя, а при низких насыпях – и ниже границы рабочего слоя.

При возведении насыпи из привозного грунта ширина основания насыпи $B_{нон}$ одновременно практически является шириной **полосы отвода** $L_{но}$ – полосы земли, занятой строящимся сооружением:

$$L_{но} = B_{нон} + 2 \cdot 4\text{м}. \quad (2.13)$$

2. Грунт основания насыпи, как правило, недостаточно уплотнен и имеет естественную плотность, значения которой не удовлетворяют нормативным требованиям табл. 2.2. В связи с этим необходимо про-

вести доуплотнение грунта основания насыпи до требуемых значений. Объем работ по доуплотнению основания (подошвы) насыпи (м^2) определяется выражением

$$V_D = (B_{\text{пон}} + 2 \cdot 4\text{м}) \cdot L. \quad (2.14)$$

3. Основной или **ведущей операцией** при возведении земляного полотна, как правило, является операция по разработке и перемещению грунта, а машина, выполняющая эту операцию, – **ведущей**. Ведущей машиной считают машину, выполняющую наиболее трудоемкие и сложные операции. Объем грунта, потребный для отсыпки насыпи, является основой для определения объемов работ для всех технологических процессов группы основных работ. Объем работ по разработке и перемещению грунта измеряется в м^3 и определяется по выражению (2.2) или табл. 2.3.

4. Привезенный грунт необходимо разровнять по ширине слоя.

При выполнении этой операции разравнивается практически только верхняя треть перемещенного грунта, что учтено при определении норм времени. Объем работ на разравнивание равен объему грунта для отсыпки насыпи:

$$V_P = V. \quad (2.15)$$

При выполнении процесса разравнивания грунта под действием массы разравнивающей машины происходит его предварительное уплотнение.

5. Особое внимание уделяется процессу уплотнения грунта. Эффективное уплотнение грунта возможно при значениях фактической (естественной) влажности грунта, близкой к значениям оптимальной.

Оптимальная влажность – влажность грунта, при которой достигается максимальная плотность сухого грунта (скелета грунта) при стандартном уплотнении (рис. 2.3) и при определенной затрате работы уплотняющих машин и механизмов (катков, трамбовок) на уплотнение. Оптимальная влажность и плотность могут изменяться в определенных пределах, так как они зависят и от свойств уплотняемого грунта, и от величины нагрузки, уплотняющей грунт.

При определенной для каждого грунта влажности $W_{\text{опт}}$ плотность грунта достигает максимума ρ_d^{max} . Дальнейшее увеличение влажности при той же работе приводит к снижению плотности грунта.

Для несвязных грунтов график стандартного уплотнения может не иметь заметно выраженного максимума. В этом случае значение оптимальной влажности принимают на 1,0 – 1,5 % менее влажности, при которой происходит отжатие воды. Значение максимальной плотности принимают по соответствующей ей ординате.

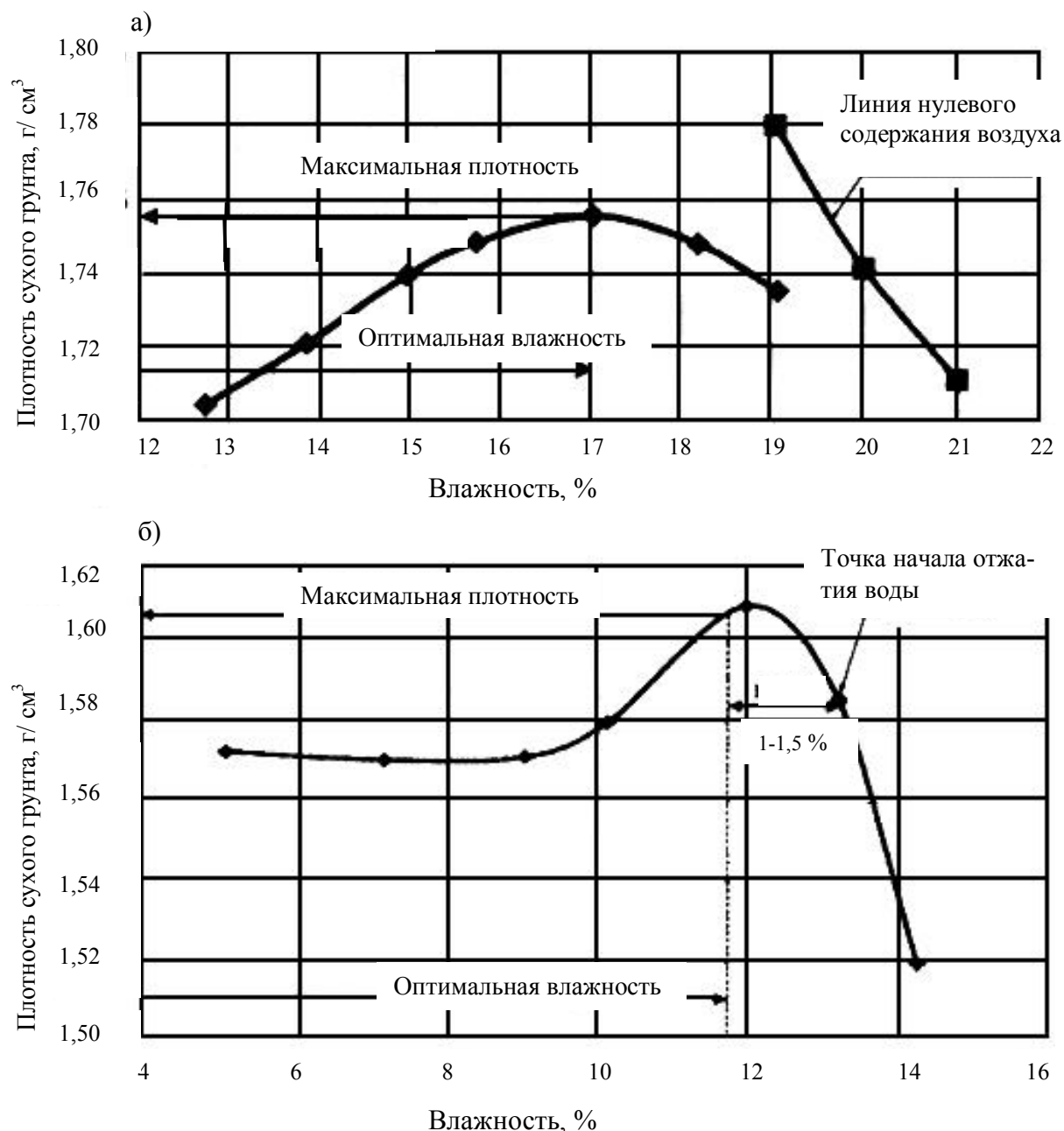


Рис. 2.3. Зависимость плотности грунтов от его влажности:
а — для связных грунтов; *б* — для несвязных грунтов

При этом 1,0 % принимают для песков гравелистых, крупных и средней крупности; 1,5 % – для мелких и пылеватых.

Значение оптимальной влажности определяется в лабораторных условиях или ориентировочно рассчитывается по значению влажности на границе текучести W_T :

$$W_{opt} = \alpha \cdot W_T, \quad (2.16)$$

где α – переходный коэффициент, зависящий от вида грунта (табл. 2.4).

Таблица 2.4

**Значения переходного коэффициента α
для определения величины оптимальной влажности**

Вид грунта	α
Песок	0,75–0,70
Супесь	0,75–0,70
Суглинок	0,60–0,55
Глина	0,50–0,45

Ориентировочные значения оптимальной влажности для различных грунтов приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

**Значения величины оптимальной влажности W_{opt}
для различных видов грунтов**

Виды и разновидности грунтов	$W_{opt}, \%$
Пески мелкие и пылеватые	8–13
Супеси:	
- легкие и тяжелые	9–15
- тяжелые и пылеватые	15–22
- пылеватые	12–18
Суглинки:	
- легкие	14–20
- тяжелые и тяжелые пылеватые	15–22
- легкие пылеватые	15–22
Глины:	
- пылеватые и песчанистые	16–26
- жирные	20–30

Степень увлажнения грунта характеризуется величиной коэффициента увлажнения K_w , с помощью которого фактическая влажность грунта W_ϕ сравнивается с оптимальной влажностью W_{opt} .

$$K_w = \frac{W_\phi}{W_{opt}}. \quad (2.17)$$

Требуемая плотность грунта может быть достигнута при фактической влажности грунта W_ϕ , отличающейся от оптимальной W_{opt} в допустимых пределах. Эти грунты принято называть **грунтами нормальной влажности** (табл. 2.6).

На практике зачастую значение фактической влажности грунта значительно отличается от значений его оптимальной влажности (рис. 2.4).

Таблица 2.6

Допустимые значения отклонений W_ϕ / W_{opt}

Грунты	W_ϕ / W_{opt} при коэффициенте уплотнения $K_{упл}$	
	0,98	0,95
Пески пылеватые, супеси легкие крупные	0,80–1,35	0,75–1,60
Супеси легкие и пылеватые	0,80–1,25	0,75–1,35
Супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие и легкие пылеватые	0,85–1,15	0,80–1,30
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	0,90–1,05	0,85–1,20

Следует отметить, что при уплотнении грунтов **повышенной влажности** можно достичь значения фактического коэффициента уплотнения не менее 0,9. В противном случае эти грунты являются **переувлажненными** грунтами.

Если значение W_ϕ / W_{opt} превышает допустимые пределы, следует предусмотреть ряд дополнительных мероприятий по осушению грунта: естественное просушивание грунта, внесение химических добавок, внесение части сухого грунта и т.д.

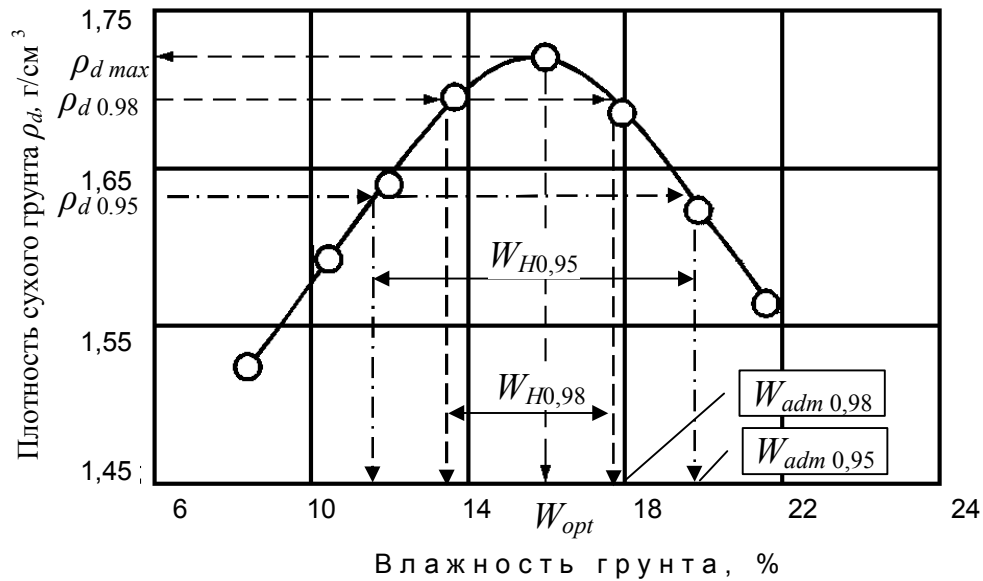


Рис. 2.4. График для определения характерных значений влажности и плотности грунта: $\rho_{d \max}$ и W_{opt} — максимальная стандартная плотность и оптимальная влажность; $\rho_{d 0,98}$ и $\rho_{d 0,95}$ — плотности сухого грунта при требуемых коэффициентах уплотнения 0,98 и 0,95 соответственно; $W_{H 0,98}$ и $W_{H 0,95}$ — интервалы нормальной влажности грунта при требуемых коэффициентах уплотнения 0,98 и 0,95; $W_{adm 0,98}$ и $W_{adm 0,95}$ — границы допустимой влажности при требуемых коэффициентах уплотнения 0,98 и 0,95

Если значение W_{ϕ} / W_{onm} меньше нижнего предела, грунт необходимо доувлажнить. В этом случае определяется потребное количество воды для доувлажнения грунта ΔW , т/м³:

$$\Delta W = \rho_{d \text{ тр}} \cdot \frac{W_{onm} - W_{\phi}}{100}, \quad (2.18)$$

где W_{onm} — оптимальная влажность грунта, %; W_{ϕ} — фактическая влажность грунта, %; $\rho_{d \text{ тр}}$ — требуемая плотность сухого грунта, г/см³, рассчитывается по выражению

$$\rho_{d \text{ тр}} = \rho_{d \max} \cdot K_{\text{упл}}^{\text{тр}}, \quad (2.19)$$

где $\rho_{d \max}$ — максимальная плотность сухого грунта, г/см³.

Плотность грунта ρ — масса единичного объема материала, рассчитывается как отношение массы образца (вещества) к занимаемому им объему (т/м³).

Плотность сухого (скелета) грунта ρ_d — отношение массы сухого грунта, исключая массу воды в его порах, к занимаемому этим грунтом объему, включая имеющиеся в этом грунте поры воздуха.

Пример. Определение оптимальной влажности в рассматриваемом примере.

$$W_{\text{опт}} = \alpha \cdot W_T, \%,$$

где α — переходный коэффициент, зависящий от вида грунта;

$$W_{\text{опт}} = 0,6 \cdot 30 = 18 \, \%.$$

$$K_w = \frac{W_\phi}{W_{\text{опт}}} = \frac{12}{18} = 0,67.$$

Вывод. На основании данных табл. 2.6 можно сделать вывод, что грунт имеет недостаточную влажность. Для суглинка лёгкого границы нормальной влажности составляют 0,85 — 1,15. Требуется увлажнение.

Определение требуемой плотности грунта в насыпи:

$$\rho_{d\text{мп}} = \rho_{d\text{max}} \cdot K_{\text{упл}}^{\text{тр}} = 1,62 \cdot 0,98 = 1,58 \, \text{г/см}^3 \text{ или } 1,58 \, \text{т/м}^3,$$

где $\rho_{d\text{max}}$ — максимальная плотность сухого грунта;

$K_{\text{упл}}^{\text{тр}}$ — требуемый коэффициент уплотнения грунта.

Определение необходимого количества воды для увлажнения 1 м³ грунта:

$$\Delta W = \rho_{d\text{max}} \cdot \frac{W_{\text{опт}} \cdot W_\phi}{100} = 1,58 \cdot \frac{18 - 12}{100} = 0,095 \, \text{т/м}^3.$$

6. Весь объем перемещенного грунта V после разравнивания должен быть уплотнен до значений требуемой плотности, следовательно, объем работ по уплотнению грунта, измеряемый в м³, определяется выражением

$$V_{\text{упл}} = V. \quad (2.20)$$

7. Отделочные работы выполняются после завершения основных работ и включают в себя планировочные работы и укрепление откосов.

7 — 1. Планировочные работы.

При выполнении планировочных работ различают планировку горизонтальных и наклонных плоскостей, площадь которых и определяет объем работ (рис. 2.5).

Так как трудоемкость работ по планировке горизонтальных и наклонных поверхностей различна, отдельно определяются площадь планирования верха насыпи S_n и площади откосов насыпи S_o с длиной откоса l_n .

$$S_n = B_{cp} \cdot L. \quad (2.21)$$

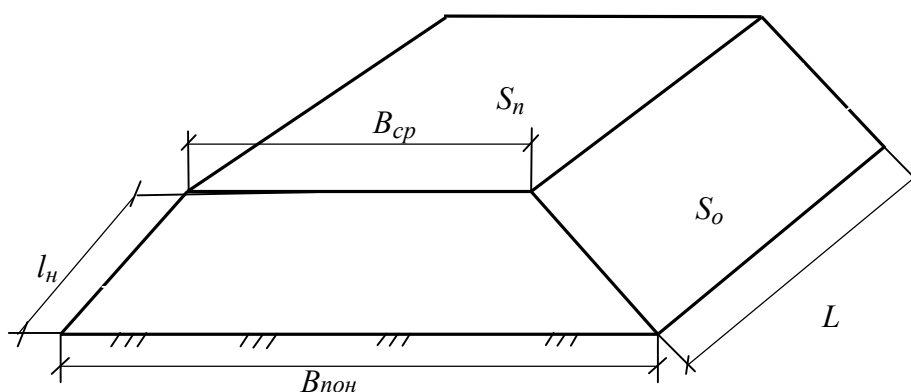


Рис. 2.5. Схема к определению объемов планировочных работ

$$S_o = L \cdot l_n = (\sqrt{h_n^2 + (h_n \cdot m)^2}) \cdot L. \quad (2.22)$$

Следует учесть, что после выполнения планировочных работ верх земляного полотна необходимо доуплотнить.

7 – 2. Укрепление откосов.

Укрепление откосов чаще всего выполняется растительным грунтом, срезанным в начале выполнения основных работ. Для невысоких насыпей (высота насыпи до 3 м) разравнивание растительного грунта на откосы производится бульдозером, в этом случае объем работ (m^3) определяется

$$V_{укр} = S_{pc} \cdot h_{pc}. \quad (2.23)$$

Для высоких насыпей (высота насыпи более 3 м) грунт грузится в самосвалы и с обочины разгружается сверху вниз, а затем распреде-

ляется по откосу экскаватором. В этом случае объемом работ является площадь укрепления, а единицей измерения – м^2 .

Распространенным и экономичным типом укрепления, особенно для высоких насыпей, является создание дернового покрова путем посева трав на откосах.

Рассчитанные объемы для каждого вида выполняемых работ заносятся в таблицу. Единица измерения объема работ принимается по нормативным таблицам норм времени на выполнение этого вида работ.

Пример оформления таблицы видов и объемов работ приведен в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Виды и объемы работ

№ п./п	Виды работ	Ед. изм.	Объем выполняемых работ на всю дорогу
1	Срезка растительного слоя	м^2	498 680,00
2	Доуплотнение основания насыпи	м^2	498 680,00
3	Разработка и перемещение грунта	м^3	418 645,50
4	Разравнивание грунта	м^3	418 645,50
5	Увлажнение грунта	т	39 771,32
6	Уплотнение грунта	м^3	418 645,50
7	Окончательная планировка верха сооружения	м^2	269 880,00
8	Доуплотнение верха земляного полотна	м^2	269 880,00
9	Окончательная планировка откосов сооружения	м^2	128 700,00
10	Укрепление откосов насыпи	м^3	59 841,60

2.2. Определение сроков производства работ и продолжительности строительного периода

Продолжительность строительного периода является одной из важнейших характеристик строительного производства. Как правило, для повышения ритмичности работы дорожно-строительного подразделения проектируется круглогодичное использование материальных и человеческих ресурсов. В холодное время года зачастую выполняются сосредоточенные работы, большую часть линейных работ про-

изводят в теплое время года. Основной объем земляных работ рекомендуется выполнять в наиболее благоприятные периоды года в сухую погоду, когда грунты имеют влажность, близкую к оптимальной или ниже ее значения.

Сосредоточенные работы – работы, которые встречаются на отдельных участках или площадях (работы большого объема, выполняемые на коротких участках строительства). К сосредоточенным относятся работы с объемом земляных работ на 1 км, превышающим средний объем земляных работ на 1 км дороги в три и более раз, или резко отличающиеся повышенной сложностью производства. Они, как правило, не повторяются на соседних участках и по сложности производства и большому объему резко отличаются от других работ. К сосредоточенным работам можно отнести полное или частичное выторфовывание на заболоченных участках, строительство двух - или трехочковой трубы, возведение высоких насыпей, разработку глубоких выемок, постройку малых и больших мостов и т.д.

Линейные работы – работы небольших объемов на большом протяжении. Линейные работы равномерно распределены по строящемуся участку и повторяются на каждом километре с небольшими отклонениями от средних значений. К линейным относят работы по строительству слоев дорожной одежды, отсыпку невысоких насыпей, строительство труб, устройство ограждений и дорожных знаков и т.д.

Теплое время года (летний период) охватывает календарный период времени между окончанием весенней и началом осенней распутиц, когда средняя температура воздуха поднимается выше + 5 °С, а холодное время (зимний период) – между окончанием осенней и началом весенней распутиц.

Продолжительность строительного периода при выполнении земляных работ определяется на основе данных прил. Б по формуле

$$T_{стр} = (T_k - T_m - T_v - T_p) \cdot K_{см}, \quad (2.24)$$

где $T_{стр}$ – продолжительность строительного периода, смены; T_k – календарная продолжительность периода, зависит от группы работ, дни; T_m – простои по метеоусловиям в период T_k , дни; T_v – количество выходных и праздничных дней в период T_k , дни; $K_{см}$ – коэффициент сменности для данной группы работ (определяется по значениям

графика гражданских сумерек) для периода T_k ; T_p – период развертывания потока, дни.

Период развертывания потока – период времени, необходимый по технологическим и организационным условиям для последовательного ввода в работу всех средств механизации потока. При возведении насыпи ориентировочно определяется по формуле

$$T_p = 3 + 2 n_{сл} \quad (2.25)$$

где $n_{сл}$ – количество слоев в насыпи, $n_{сл} \approx h_n / 0,3$.

Следует учесть, что продолжительность строительного периода, полученная по выражению (2.24) зависит от климатической характеристики района строительства и носит вероятностный характер. При использовании специализированного отряда с высокой скоростью движения фактическое значение $T_{стр}$ уменьшается.

Пример. Определение коэффициента сменности и продолжительности строительства:

$$K_{см} = \frac{16 \cdot 2 + 30 \cdot 2 + 31 \cdot 2 + 31 \cdot 2 + 30 \cdot 1 + 5 \cdot 1}{143} = 1,76;$$

$$T_{стр} = (143 - 29 - 14 - 11) \cdot 1,76 = 157 \text{ смен.}$$

Продолжительность производства работ по строительству одной трубы принимаются условно: для дорог I технической категории – 20 смен, для II категории – 16 смен, для III – 12 смен, для IV – 10 смен.

Кроме величины продолжительности строительного периода в проекте необходимо привести в общем виде обоснование распределения видов работ (линейных и сосредоточенных) по периодам года. Так, например, транспортировку и складирование основных строительных материалов можно начинать после окончания осенней распутицы, что позволит сократить количество потребного транспорта в летнее время.

2.3. Определение параметров потока, выбор ведущей машины, подбор состава отряда машин

Организация строительства автомобильной дороги – комплекс мероприятий, разрабатываемых и осуществляемых с целью повышения эффективности, т.е. достижения поставленных задач в плановые сроки при наилучшем использовании производственных ресурсов и соблюдении требований качества работ и охраны окружающей среды. В комплекс мероприятий входят: определение метода строительства, определение состава бригад, расчет числа машин и их участие в процессе строительства. Одним из важнейших вопросов является выбор метода работ: *поточного* или *непоточного (участкового, цикличного)*.

Участковый метод состоит в том, что всю строящуюся дорогу разбивают на отдельные участки, строительство которых выполняют и заканчивают в строгой последовательности друг за другом. Каждый участок вводят в эксплуатацию немедленно после окончания на нем работ, т.е. раньше, чем будет закончена вся дорога. При **циклическом (последовательном) методе** все виды работ выполняют поочередно (последовательно) на всем протяжении строящейся дороги. Вначале строят все искусственные сооружения одновременно с земляным полотном, затем слои основания и т.д.

Поточным методом организации работ называют такой метод, при котором происходит непрерывный и равномерный выпуск продукции и соответственно непрерывное и равномерное потребление трудовых и материально-технических ресурсов. Основной организационной единицей при поточном методе строительства является *специализированный (частный) поток* – комплекс всех материально-технических и трудовых ресурсов, необходимых для строительства отдельной дорожной конструкции или выполнения отдельного вида работ поточным методом (по расчистке дорожной полосы, строительству малых искусственных сооружений, возведению земляного полотна, строительству дорожной одежды и т.д.). Одной из основных характеристик потока является его *скорость*.

Потоки с постоянной скоростью в равные промежутки времени проходят равные по длине участки дороги (поток по строительству слоев дорожной одежды). **Потоки с переменной скоростью** проходят в равные промежутки времени различные по длине участки дороги (поток по возведению земляного полотна). Объединение всех

специализированных потоков образует **комплексный поток** по строительству автомобильной дороги.

Наиболее распространенным способом выполнения линейных работ является поточный, при котором подразделения строят сооружения или элементы дороги, передвигаясь непрерывно и параллельно в технологической последовательности. Определяют основные параметры потока по возведению земляного полотна.

1. Минимальная скорость потока – минимальная протяженность участка дороги $L_{\min}$, которую должен строить специализированный отряд в единицу времени (в смену), чтобы успеть закончить строительство всего запланированного участка L за отведенное время $T_{\text{сmp}}$ (м/смену).

$$L_{\min} = L / T_{\text{сmp}}. \quad (2.26)$$

2. Минимальный темп потока – минимальный объем земляных работ $V_{\min}$, который должен выполнять специализированный отряд в единицу времени (в смену), чтобы успеть выполнить весь объем V за отведенное время $T_{\text{сmp}}$ (м³/смену).

$$V_{\min} = V / T_{\text{сmp}}. \quad (2.27)$$

Фактически минимальная скорость и минимальный темп потока отличаются друг от друга лишь единицей размерности, характеризуя одну и ту же величину – выполнение объема работ в единицу времени (в смену).

Скорость потока и его темп, т.е. производительность отряда в смену, находятся в прямой пропорциональной зависимости от производительности **ведущей машины**. В зависимости от вида и свойств используемого грунта, рельефа местности, высоты насыпи, конструкции земляного полотна, дальности транспортирования грунта, наличия парка дорожно-строительных машин организации для выполнения этой операции могут быть приняты **землеройно-транспортные** или **землеройные машины**. Землеройно-транспортные – машины с ножевым рабочим органом, выполняющие послойное отделение от массива и перемещение грунта к месту укладки при своем поступательном движении. Эти машины выполняют операции **разработки** и **перемещения грунта** (бульдозеры, автогрейдеры, скреперы, грейдеры-элеваторы).

У землеройных машин рабочим органом является ковш, с помощью которого они выполняют операцию по *разработке грунта с последующей погрузкой его в транспортные средства* (экскаватор или погрузчики, работающие в звене с автомобилями-самосвалами).

При возведении невысоких насыпей (высотой до 0,75 м) на равнинном или слабопересеченном рельефе могут использоваться *автогрейдеры* (рис. 2.6). Основным рабочим органом этой машины является отвал, установленный между передним и задним мостами. Применение грейдеров целесообразно на дорогах низких категорий при небольших объемах работ. Чем больше сопротивление и тяжелее условия работы, тем мощнее должен быть автогрейдер.

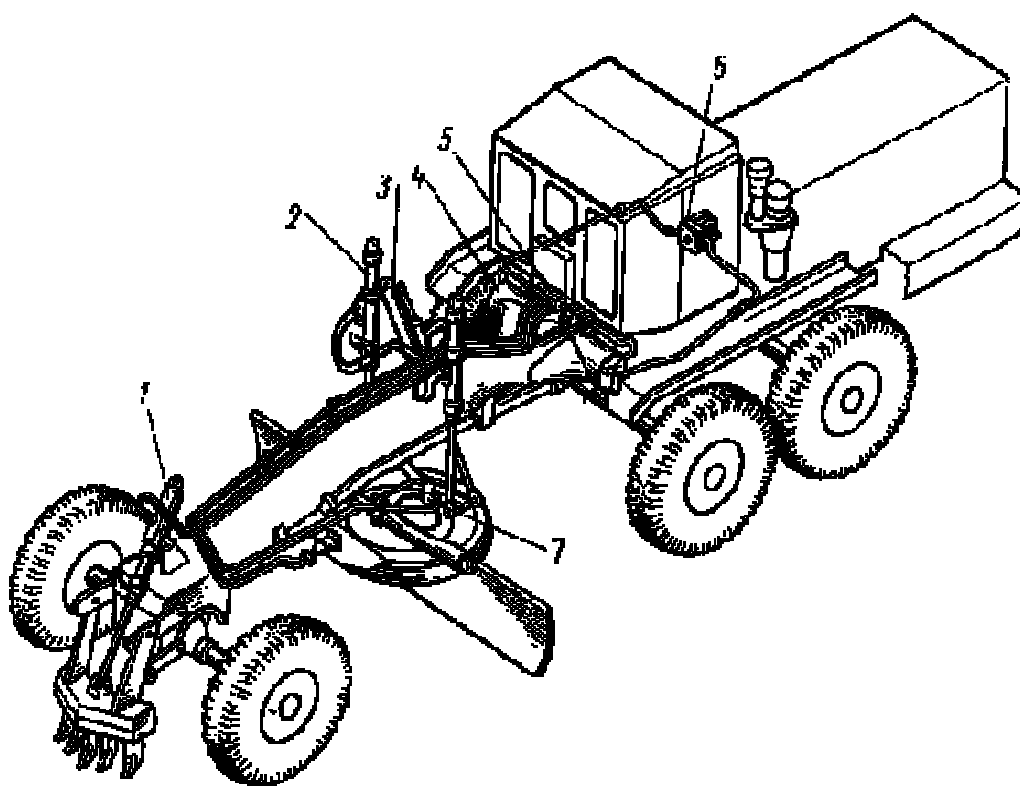


Рис. 2.6. Автогрейдер: 1, 2, 3 – гидродвигатели управления кировщиком, наклоном и поворотом отвала; 4 – базовый тягач; 5 – распределитель; 6 – насос; 7 – поворотная колонка

В зависимости от мощности двигателя и массы машины выпускают легкие (мощностью до 100 кВт; массой 9 т), средние (100...150 кВт; 10...15 т) и тяжелые (свыше 160 кВт; свыше 15 т) автогрейдеры. Легкие автогрейдеры используют для содержания автодорог, средние – при возведении земляного полотна из грунтов средней плотности, а тяжелые – при больших объемах земляных работ в плот-

ных грунтах. Технические характеристики грейдеров и автогрейдеров приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Технические характеристики грейдеров и автогрейдеров

Марка машины	Масса, т	Мощность, кВт	Длина отвала, мм
CATERPILLAR 120H	11,358	104	3660
ДЗ-988	19,8	173	4100
ГС-1402	13,5	100	3740
А-122Б	13,9	107	3744
ДЗ-122	14,6	100	3740
ДЗ-200	15,0	125	3864
ДЗ-98В.1	19,5	198	4270

Грейдеры-элеваторы способны отсыпать более высокие насыпи, до 1,25 – 1,5 м высотой. Могут использоваться при больших объемах работ в равнинных степных районах (рис. 2.7). В настоящее время применяются очень редко.

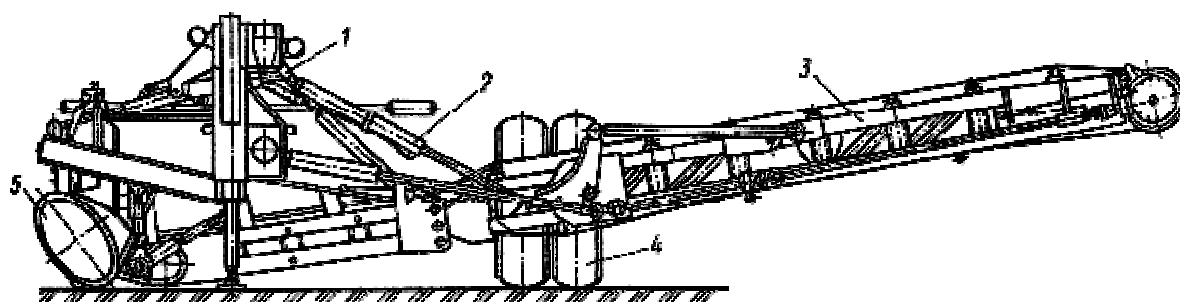


Рис. 2.7. Грейдер-элеватор: 1 – рама; 2 – гидродвигатели управления транспортером; 3 – транспортер; 4 – пневмоколесный ход; 5 – диск или совок

Бульдозер – трактор, оборудованный управляемым отвалом с ножом для послойной срезки, перемещения и разравнивания грунта. Для расширения области применения бульдозеров и повышения эффективности их работы отвалы бульдозера оснащают открылками, козырьками, рыхлительными зубьями, откосниками (рис. 2.8).

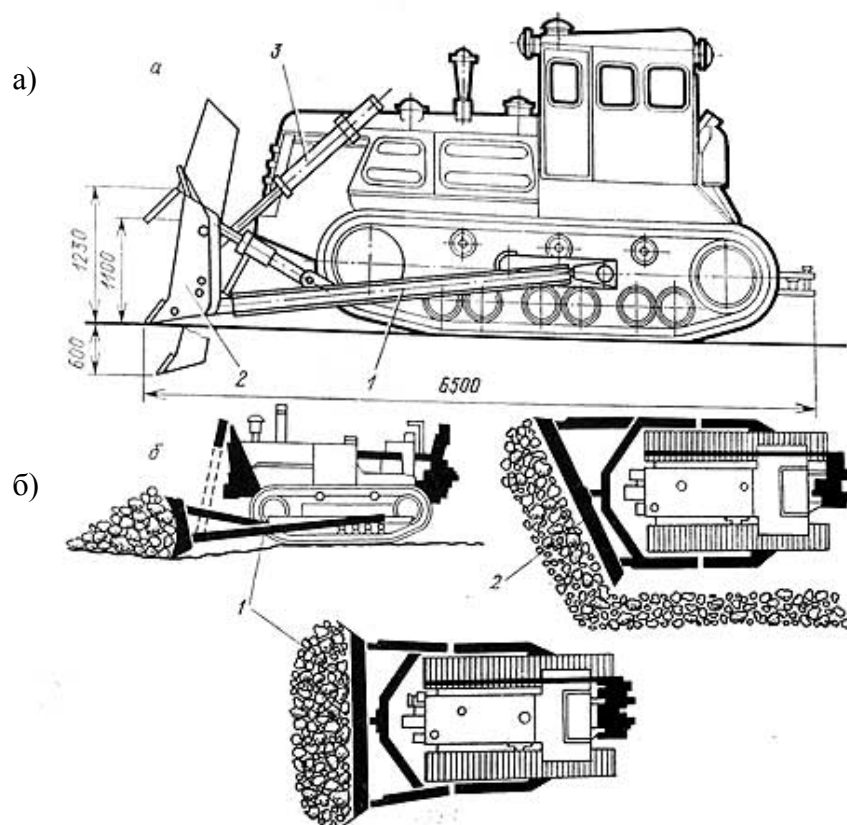


Рис. 2.8. Бульдозер с гидравлической системой управления:
а — схема бульдозера; 1 — рама; 2 — отвал; 3 — гидроцилиндр управления отвала; *б* — схема работы бульдозера с поворотным отвалом; 1 — установка отвала при разработке грунта; 2 — установка отвала при засыпке траншеи

Использование бульдозеров наиболее эффективно при возведении насыпей высотой 1 – 2 м из грунта боковых резервов и дальности перемещения грунта до 30 – 50 м (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Технические характеристики бульдозеров

Индекс машины	Тип ходового устройства	Мощность двигателя, кВт	Объём перемещаемого грунта, м ³
1	2	3	4
ДЗ-24	Гусеничный	132	4,50
ДЗ-25	Гусеничный	132	4,50
ДЗ-35Б	Гусеничный	132	4,50
ДЗ-118	Гусеничный	243	7,50
ДЗ-171	Гусеничный	125	3,95
Четра-11	Гусеничный	167	5,60

1	2	3	4
T-15.01	Гусеничный	175	8,50
TM-25.01279	Гусеничный	279	13,30
Четра-K11	Колесный	175	3,00
TK-25.02	Колесный	382	11,13
CATERPILLAR D3G XL	Гусеничный	52	1,44
CATERPILLAR D5G XL	Гусеничный	67	2,19
CATERPILLAR D6N XL	Гусеничный	104	4,28
KOMATSU D85A-21	Гусеничный	165	8,50
LIEBHERR PR724	Гусеничный	118	4,27

Возведение насыпей высотой до 2,5 – 3,0 м из боковых или сосредоточенных резервов в зависимости от дальности перемещения грунта выполняется *скреперами* (рис. 2.9). Скреперы – машины для отделения грунта от массива, его захвата, транспортировки и послойной укладки.

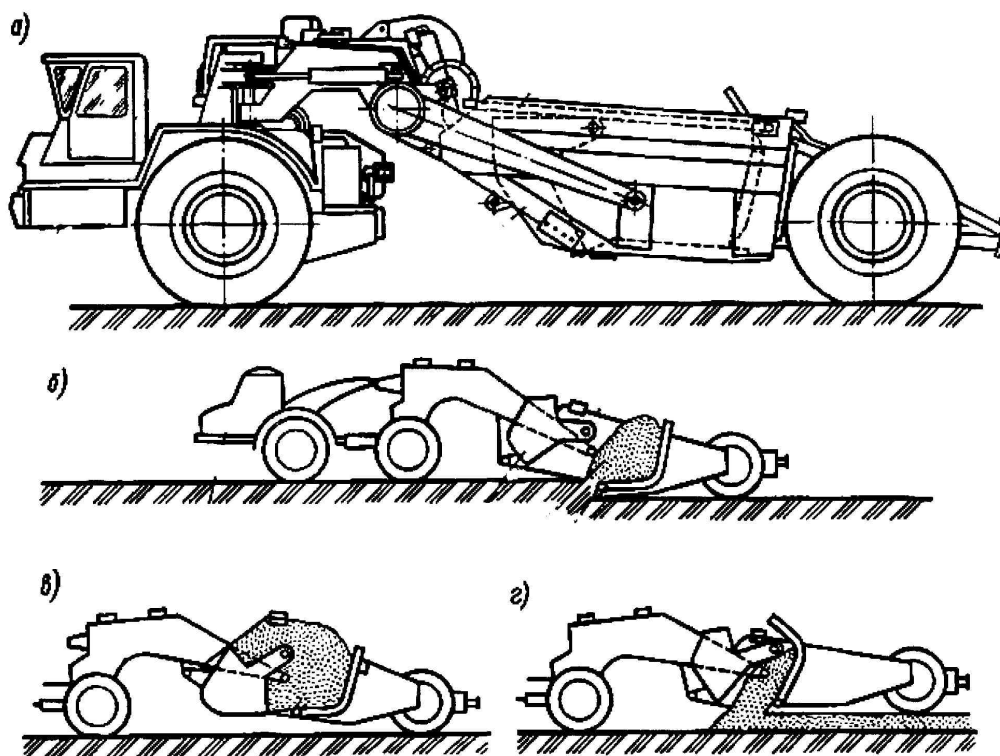


Рис. 2.9. Скреперы: а – самоходный скрепер; б – набор грунта в ковш; в – груженный ход; г – разгрузка ковша

Скрепер является самоходной или прицепной землеройно-транспортной машиной, рабочим органом которой служит ковш на пневмоколесах, снабженный в нижней части ножами для срезания слоя грунта (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Технические характеристики скреперов

Показатель	ДЗ-33	ДЗ-111	ДЗ-20 ДЗ-20А	ДЗ-87-1	ДЗ -115	ДЗ-13 ДЗ-13А	ДЗ-107
Способ передачи тягового усилия	Прицепной			Полуприцепной	Самоходный		
Вместимость ковша, м ³	3,00	4,50	7,00	4,50	15,00	15,00	25,00
Ширина захвата ковша, м	2,10	2,43	2,65	2,43	3,00	2,82	3,90
Глубина резания, м	0,10	0,13	0,30	0,13	0,35	0,35	0,40
Толщина отсыпаемого слоя, м	0,30	0,40	0,15...0,5	0,40	0,15...0,5	0,15...0,5	0,40...0,6

При использовании скреперов для обеспечения их безопасной работы на строящемся участке необходимо устраивать съезды и въезды на насыпь. Рекомендуемые дальности возки грунта скреперами приведены в табл. 2.11.

Таблица 2.11

Рекомендуемые дальности транспортирования грунта скреперами

Объем ковша скрепера, м ³	Предельные расстояния возки грунта, м	Объем ковша скрепера, м ³	Предельные расстояния возки грунта, м
Прицепные скреперы		Самоходные скреперы с тягачами на пневматических шинах	
До 3	200	До 10	500–1500
До 6	250–350	До 15	1500–2000
До 10	300–600	До 25	2500–3000

При возведении насыпей из грунтов сосредоточенного резерва с дальностью перемещения грунта автосамосвалами 3 км и более эф-

эффективно используются **строительные экскаваторы**. Строительными называют одноковшовые универсальные экскаваторы с основными ковшами вместимостью $0,25 - 2,5 \text{ м}^3$, оснащаемые различными видами сменного рабочего оборудования (рис. 2.10, табл. 2.12).

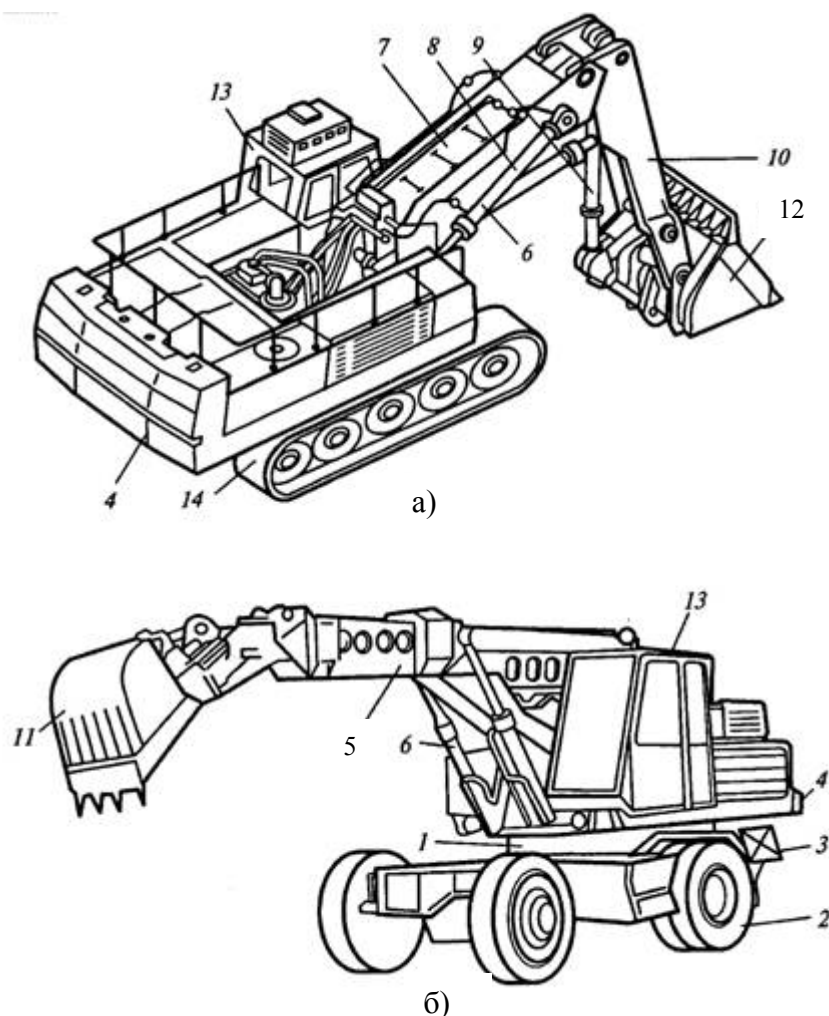


Рис. 2.10. Одноковшовые гидравлические полноповоротные экскаваторы с жесткой подвеской рабочего оборудования: *а* – экскаватор, оборудованный прямой лопатой; *б* – экскаватор, оборудованный обратной лопатой; 1 – опорно-поворотное устройство; 2 – пневмоколесное ходовое устройство; 3 – выносная опора; 4 – поворотная платформа; 5 – телескопическая стрела; 6, 8, 9 – гидроцилиндры стрелы; 7 – стрела; 10 – рукоять; 11 – ковш обратной лопаты; 12 – ковш прямой лопаты; 13 – кабина машиниста; 14 – гусеничное ходовое устройство

Экскаваторы с ковшом вместимостью 0.25 м^3 , как правило, на разработке грунта в карьере не используются.

Таблица 2.12

Технические характеристики экскаваторов

Показатель	ЭО-3322Б	ЭО-4321	ЭО-4121А (ЭО-4121)	ЭО-5122 (ЭО-5123)	ЭО-5225	CATER- PILLAR 365CL (II)
Вместимость основного ковша, м ³	0,50	0,65	1,00	1,60	1,85	2,50
Мощность двигателя, кВт	55,0	59,0	95,6	125,0	220,0	301,0
Тип ходового устройства	Пневмоколесный		Гусеничный (гусеничный тракторного типа)		Гусеничный	
Наибольшая глубина (высота) копания, м	5,00	6,70	7,10 (7,20)	7,30	6,60	7,63
Наибольший радиус копания, м	8,20	10,16	10,20 (10,60)	10,60	10,80	12,39
Наибольшая высота выгрузки, м	5,20	6,18	5,20	5,50	6,50	8,44

В зависимости от геолого-гидрологических условий района разработки грунта и размеров резерва используются экскаваторы *с обратной лопатой*, а также оборудованные *драглайном* (стоянка экскаватора поверху резерва) или экскаваторы *с прямой лопатой* (стоянка экскаватора на дне резерва).

В последнее время широкое использование получили *фронтальные погрузчики* (рис. 2.11).

Фронтальный погрузчик – это маневренная самоходная современная техника, предназначенная для выполнения широкого круга операций, связанных с захватом, подъемом и транспортировкой всевозможных грузов.

Таблица 2.13

Характеристики фронтальных погрузчиков

Наименование машины	Объем ковша, м ³	Вес, кг	Высота разгрузки, м
Hitachi ZW80 и ZW90	0,90	4 895	2,50
ТО-18	1,90	10 700	2,80
Caterpillar 972 G	4,50	26 000	3,05

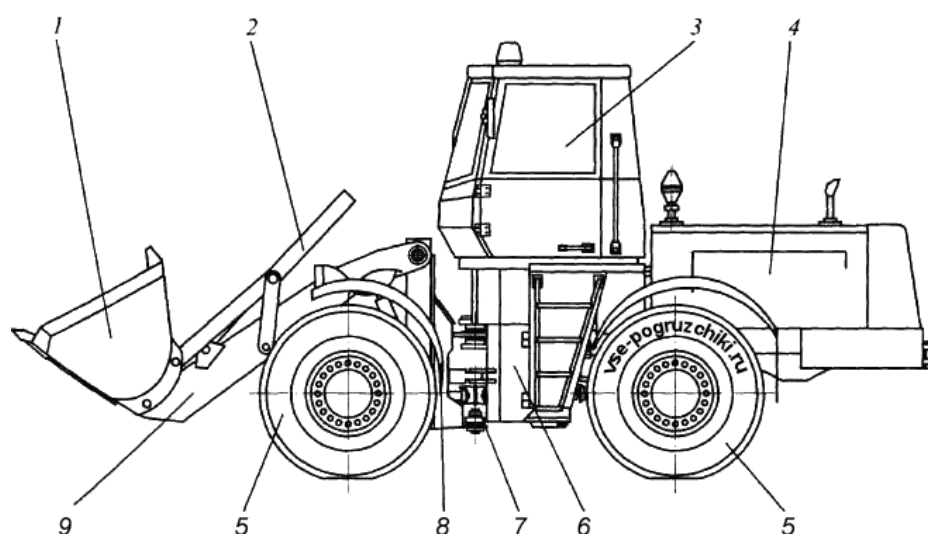


Рис. 2.11. Схема фронтального погрузчика: 1 – ковш; 2 – гидроцилиндры управления ковшом; 3 – кабина оператора; 4 – двигатель; 5 – пневмоколеса; 6 – задняя рама; 7 – шарнирное сочленение рам; 8 – передняя рама; 9 – стрела

Одноковшовые фронтальные погрузчики применяются в транспортном строительстве для складирования разрыхленных грунтов и кусковых каменных материалов в бурты, погрузки сыпучих и кусковых материалов из буртов в транспортные средства, распределения дорожно-строительных материалов, зачистных и планировочных работ и перевалки штучных грузов. При необходимости они могут выполнять и небольшие объемы земляных работ.

В комплекте с экскаваторами и погрузчиками используются автомобили-самосвалы, которыми грунт транспортируется на строящийся участок. Их грузоподъемность при работе в звене с экскаватором принимается кратной емкости 4 – 7 ковшей (табл. 2.14, 2.15). Движение самосвалов происходит либо по отсыпанной насыпи, либо по устроенным въездам и съездам.

Таблица 2.14

Технические характеристики автомобилей-самосвалов

Марка автомобиля	Масса перевозимого груза, т	Максимальная скорость, км/ч
1	2	3
КамАЗ-55111	13,000	90
КамАЗ-65111	14,000	80
КамАЗ-65115	15,000	80

1	2	3
КрАЗ-65055	16,000	90
КрАЗ-65032	15,000	72
Татра Т815-250S01	17,000	64
Татра Т815-250S25	16,400	85
Volvo FL 66x4	18,000	90
Volvo FM 6x6	20,000	90
HD255-5	25,000	47

Таблица 2.15

Предварительный выбор транспортных средств для перевозки грунта

Вместимость ковша экскаватора, м ³	Грузоподъемность автосамосвала, т	Грузоподъемность транспортных прицепов, т
0,8–1,0	5,0–10,0	10,0–15,0
2,0	10,0–25,0	15,0–25,0
3,0 и более	25,0–40,0	25,0–40,0

После выбора ведущей машины определяется ее **производительность**, которая определяется при помощи ЕНиРа, сборника Е 2 «Земляные работы».

3. Производительность ведущей машины

$$П = \frac{T_{см} \cdot V_{изм}}{H_{вр}}, \quad (2.28)$$

где $П$ – производительность машины, м³/смену; $T_{см}$ – продолжительность смены в часах, принимаем $T_{см} = 8,0$ ч; $V_{изм}$ – единица измерителя, в данном случае 100 м³; $H_{вр}$ – норма времени на единицу измерителя для выполнения конкретной операции, маш.-ч.

По данным табл. 1 сборника Е 2 определяем группу грунта по трудности разработки механизированным способом. Прочерк в столбцах таблицы означает невозможность выполнения технологической операции с грунтом данной машиной.

Для повышения эффективности работы отряда, как правило, принимается не одна ведущая машина, а звено, состоящее из нескольких машин. Производительность звена землеройных машин принима-

ется за фактический сменный объем работ и является одной из основных характеристик потока.

4. Сменный объем работ

$$V_{см} = n \cdot \Pi, \quad (2.29)$$

где n – количество ведущих машин в звене.

Обычно сменный объем работ превышает минимально допустимый темп потока ($V_{\min} < V_{см}$). Иначе отряд может не успеть выполнить весь объем работ в заданные сроки. Следовательно, сокращается срок строительства.

5. Уточненный (фактический) срок строительства определяется из выражения

$$T_{стр}^{\phi} = V / V_{см}, \quad (2.30)$$

где V – объем земляных работ на весь строящийся участок, м^3 .

На основании фактического срока строительства определяется длина сменной захватки $L_{захв}$. **Сменная захватка** – участок дороги (в метрах), на котором звено машин или несколько звеньев выполняют одну или несколько технологических операций, время работы которых ограничено продолжительностью смены.

6. Длина захватки

$$L_{захв} = L / T_{стр}^{\phi}. \quad (2.31)$$

Следует отметить, что в реальных условиях выполнения строительных работ по возведению насыпей их высота постоянно меняется из-за неровностей рельефа местности, в связи с чем длина захватки $L_{захв}$ является меняющейся величиной, в отличие от постоянного значения сменного объема работ $V_{см}$.

Пример. Определение параметров потока для рассматриваемого примера выполняется следующим образом:

1. Минимальная скорость потока

$$L_{\min} = 13\,000 / 157 = 83 \text{ м/смену.}$$

2. Минимальный темп потока

$$V_{\min} = 418\,645,50 / 157 = 2666,53 \text{ м}^3/\text{смену.}$$

3. Производительность ведущей машины скрепера ДЗ-26

$$П = \frac{8 \cdot 100}{1,5} = 533,33 \text{ м}^3/\text{смену}.$$

4. Сменный объем работ

$$n = \frac{2666,53}{533,33} = 5,0 \Rightarrow n = 7 \text{ машин}.$$

Увеличиваем количество машин с 5 до 7 для понижения коэффициента использования ведущей машины (для возможности разравнивания грунта сразу после его транспортировки и разгрузки).

$$V_{см} = 7 \cdot 533,33 = 3733,31 \text{ м}^3/\text{смену}.$$

5. Уточненный (фактический) срок строительства

$$T_{стр}^ф = 418645,50 / 3733,31 = 112,14 = 113 \text{ смен}.$$

6. Длина захватки

$$L_{захв} = 13\,000 / 113 = 115 \text{ м/см}.$$

Производительность большинства дорожно-строительных машин определяется по формуле (2.28), за исключением автомобилей-самосвалов и поливомоечных машин.

Производительность автомобилей-самосвалов $П_c$ (т) определяется по формуле

$$П_c = \frac{T \cdot q \cdot K}{\frac{2 \cdot l}{V_{авт}} + t}, \quad (2.32)$$

где T – продолжительность рабочей смены, ч; q – грузоподъемность автомобиля-самосвала, т; K – коэффициент использования автомобиля-самосвала в течение смены, $K = 0,85$; l – дальность возки, км; $V_{авт}$ – средняя скорость движения автомобиля по грунтовой дороге, км/ч (ориентировочно равная 30 км/ч); t – среднее время простоев автомобилей-самосвалов под погрузкой, разгрузкой и маневрированием, ч (зависит от грузоподъемности автомобиля: 8 т – 0,25 ч; 10 т – 0,30 ч; 14 т – 0,35 ч).

Производительность поливомоечной машины $П_п$ (т) определяется по формуле

$$П_п = \frac{T \cdot K \cdot Q}{\frac{2 \cdot l}{V_{авт}} + t_1 + t_2}, \quad (2.33)$$

где K – коэффициент внутрисменного использования машины, $K = 0,85$; Q – вместимость цистерны, $Q = 6$ т; t_1 – время, затрачиваемое на заполнение цистерны водой из водоема насосом со скоростью 1800 л/мин (или 0,10 ч) с учетом времени, затрачиваемого на присоединение и отсоединение шланга (0,06 ч). $t_1 = 0,16$ ч; t_2 – время, затрачиваемое на слив (или розлив) воды, $t_2 = 0,5$ ч.

Для принятой ведущей машины или звена ведущих машин назначается отряд **вспомогательных машин**, выполняющих следующие технологические операции:

- срезка растительного слоя – бульдозер, автогрейдер, скрепер;
- доуплотнение подошвы насыпи – каток;
- разравнивание грунта – бульдозер, автогрейдер;
- увлажнение грунта – поливочная машина;
- уплотнение грунта – каток;
- планировка поверхности насыпи – автогрейдер, бульдозер с откосниками, экскаватор-планировщик;
- доуплотнение верха насыпи – каток;
- укрепительные работы – поливочная машина, автогрейдер, экскаватор-планировщик.

Ведущие и вспомогательные машины образуют специализированный отряд машин. Количество вспомогательных машин подбирается в зависимости от сменного объема работ.

Отсыпка насыпи выполняется послойно. Толщина слоев насыпи $h_1, h_2, \dots, h_i$ определяется возможностями **уплотняющей машины**. Классификация уплотняющих средств приведена на рис. 2.12.

Катки являются наиболее распространенными и простыми уплотняющими машинами. Уплотнение грунта осуществляют одним из следующих способов: **укаткой, трамбованием и вибрированием**.

В зависимости от способа уплотнения средства для уплотнения разделяют на катки, трамбующие машины или плиты и виброплиты или виброплощадки. Возможны комбинированные средства в виде виброкатков, оказывающих наряду со статическим воздействием и вибрационное действие на грунт. Работа всех машин для уплотнения связана с приложением к поверхности грунтового слоя циклических нагрузок. Под последними понимаются следующие друг за другом процессы нагрузки и разгрузки грунтов.

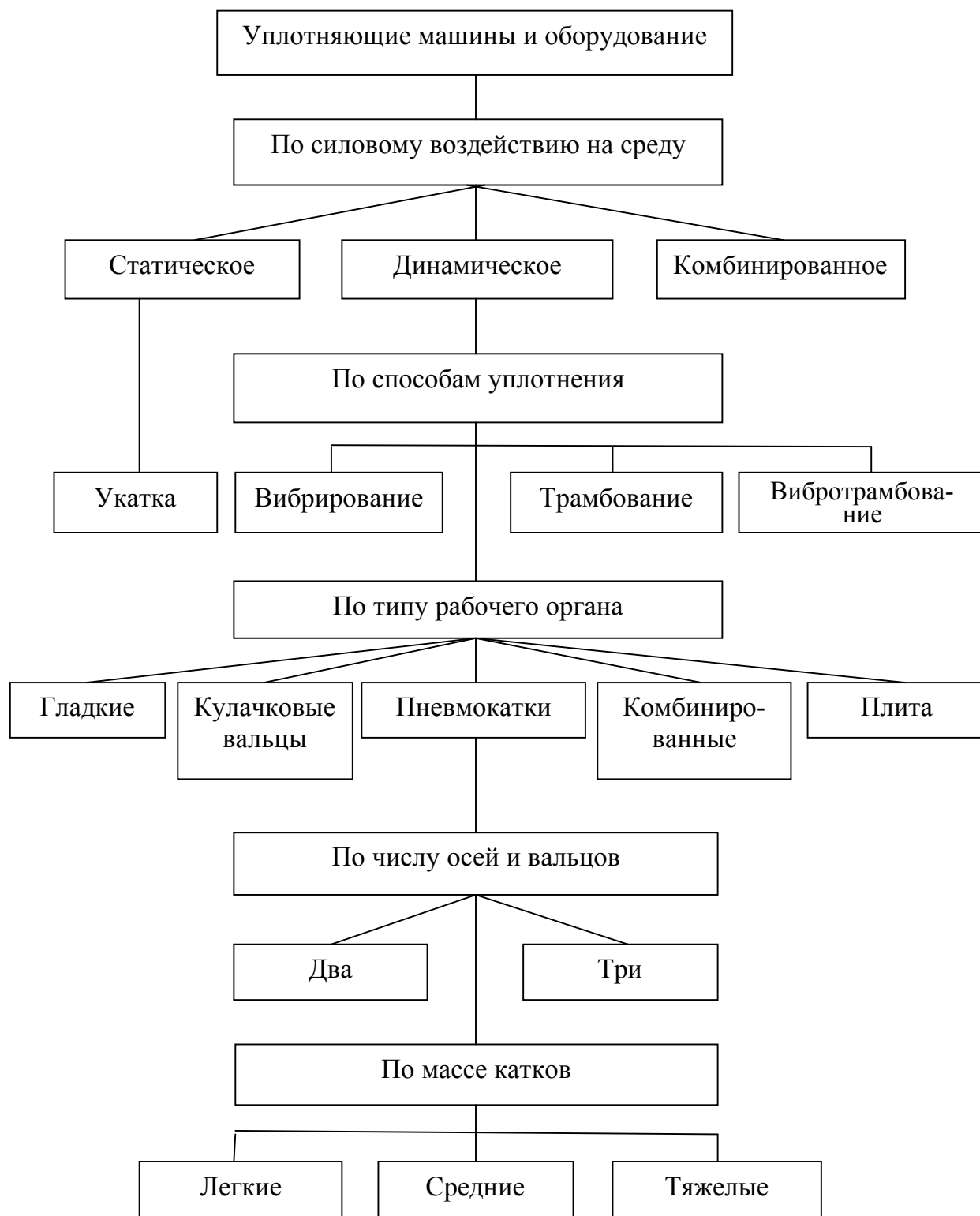


Рис. 2.12. Классификация уплотняющих средств

В результате внешних силовых воздействий в уплотняемом материале накапливаются необратимые (остаточные) деформации, способствующие повышению его плотности (рис. 2.13).

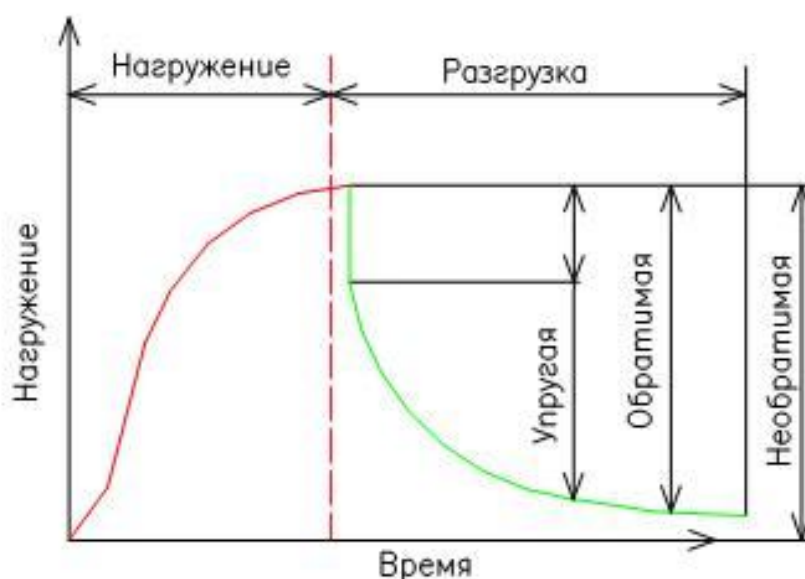


Рис. 2.13. Обратимые и необратимые деформации грунтов

Выбор машин для уплотнения грунтов земляного полотна зависит от вида грунта, условий и объема работ на строительном участке (рис. 2.14, табл. 2.16).

Катки на пневматических шинах — наиболее универсальные машины для уплотнения грунтов (рис. 2.15).

Постепенное повышение удельных давлений — одно из основных требований при уплотнении связных грунтов, обеспечивающее получение плотной и прочной структуры грунта по всей толщине слоя.

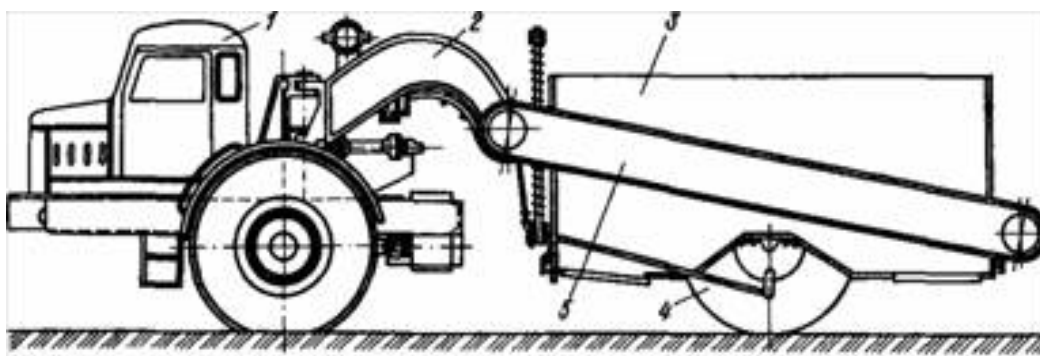


Рис. 2.15. Полуприцепной каток ДУ-16В

1 — одноосный тягач; 2 — арочное дышло; 3 — секция; 4 — колесо; 5 — рама

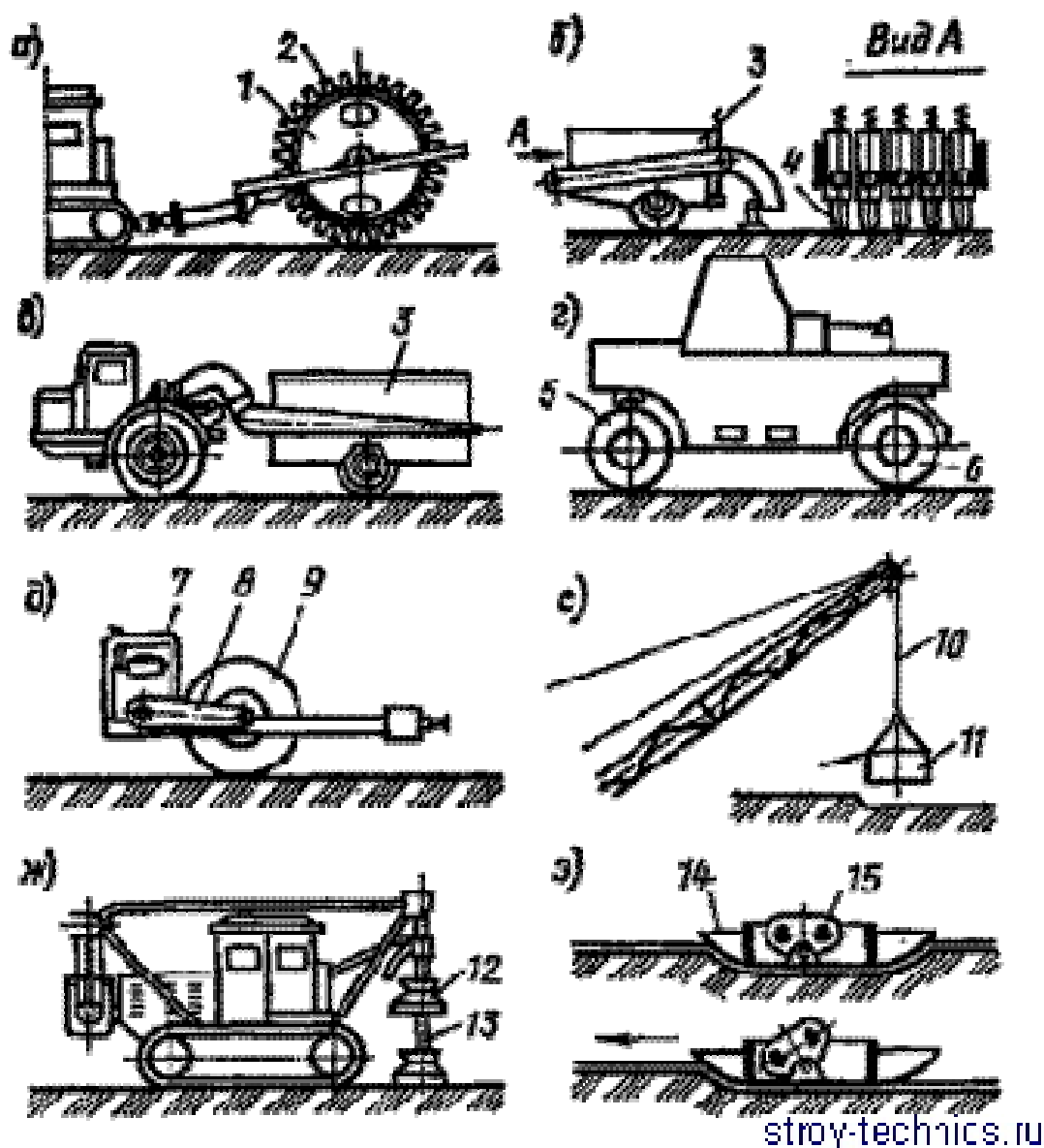


Рис. 2.14. Схемы машин, используемых для уплотнения грунтов:
 а – кулачковый прицепной каток; б – прицепной пневмоколесный;
 в – полуприцепной пневмоколесный; г – пневмоколесный самоходный;
 д – прицепной с вибровальцом; е – свободно падающая плита на экскаваторе;
 ж – самоходная трамбуемая машина; з – вибротрамбующая плита;
 1 – барабан вальца; 2 – кулачки; 3 – бункер с балластом; 4, 5, 6 – пневмовальцы;
 7 – двигатель; 8 – передача; 9 – вибровалец; 10 – подъемный канат;
 11, 12 – трамбуемые плиты; 13 – направляющая штанга; 14 – плита;
 15 – вибратор направленного действия

Таблица 2.16

**Выбор машин для послойного уплотнения
грунта насыпи земляного полотна**

Уплотняемые грунты и конструкции	Уплотняющие машины	Рекомендуемый тип машин при среднем объеме работ на объекте, тыс. м ³	
		от 50 до 500	от 1000 до 3000
Связные грунты слоями толщиной 30 см	Катки кулачковые, прицепные массой, т	18	Не применяют
	Катки на пневмошинах, прицепные и полуприцепные (седельного типа) с регулируемым давлением в шинах массой, т	25 – 30	25(30) – 60
Несвязные грунты слоями толщиной 25 – 30 см	Катки на пневмошинах, секционные, прицепные и полуприцепные с регулируемым давлением в шинах массой, т	25 – 30	60 – 100
	Виброкатки массой 4...8 т, 12...16 т		
Несвязные и обломочные грунты слоями толщиной 25 – 30 см	Катки вибрационные, прицепные и самоходные массой 4...8 т, 12...16 т	3 – 10	10 – 13
	Комбинированные катки		
Обломочные грунты и грунты, укладываемые в зимнее время слоями толщиной 50 – 80 см, а также грунты, уплотняемые в стесненных условиях	Электро-, мото- или пневмовибро-трамбовки	8 – 10	10 – 14
	Катки вибрационные массой 4...8 т, 12...16 т		
	Комбинированные катки		
Откосы насыпей	Виброкатки самоходные и прицепные, подвешенные к стреле экскаваторов, массой 4...6 т	До 1	До 1
	Трамбующие плиты, подвешенные к стреле экскаваторов, массой, т	1,5 – 2,0	1,5 – 2,0

Кулачковые катки представляют собой гладкий цилиндрический барабан, на поверхности которого в несколько рядов укреплены выступы – кулачки (рис. 2.16). Они эффективны при уплотнении связных грунтов.

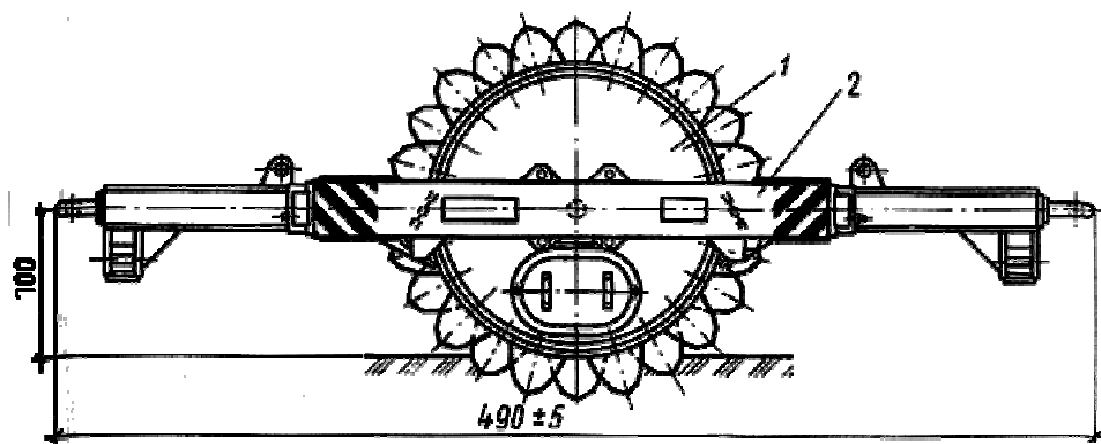


Рис. 2.16. Прицепной кулачковый каток: 1 – кулачки; 2 – рама

Обладая одинаковым с гладковальцовыми катками весом, они дают большую толщину уплотняемого слоя. Однако при этом идет разуплотнение верхнего слоя грунта толщиной 0,05 – 0,07 м, что вызывает необходимость завершать уплотнение верхнего слоя вальцовыми катками или катками на пневмошинах. Кулачковые катки не используются при работе с переувлажненными грунтами.

Гладковальцовые прицепные катки пригодны для уплотнения грунтов, но они уплотняют тонкие слои и требуют сравнительно большое количество проходов на малых скоростях и большой фронт работ, в последнее время все реже используются для уплотнения грунтов. Гладковальцовые самоходные катки массой 5 – 20 т в основном используются при уплотнении слоев дорожной одежды и реже при уплотнении грунтов.

Виброкатки наиболее распространены, так как в настоящее время являются наиболее эффективными грунтоуплотняющими средствами, способными обеспечить требуемое качество работ (рис. 2.17). Катки оснащены вибросистемами, создающими дополнительное давление на поверхность уплотняемого материала за счет некомпенсированной массы внутри барабана катка. Виброкатки на первых проходах работают с выключенным вибратором (как легкие, 2–4 прохода), а затем – с включенным (4–6 проходов).

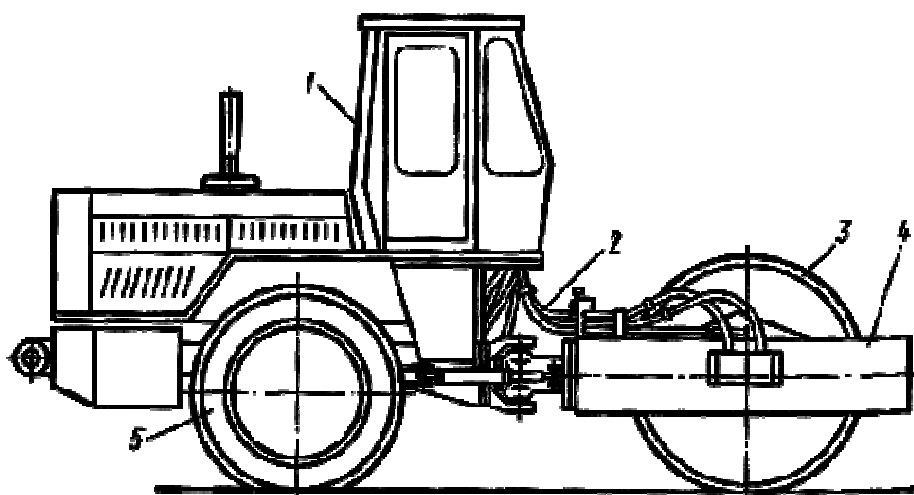


Рис. 2.17. Самоходный вибрационный каток: 1 – тягач;
2 – гидрооборудование; 3 – вибровалец; 4 – рама;
5 – ходовая часть

Высокий эффект уплотнения достигается путем вибрационного воздействия пустотелого барабана со ступицами – вальца. Современные модели виброкатков имеют, как правило, два исполнения – с гладким и кулачковым вальцами.

Вибрационная система современного ряда катков состоит из двух валов с дебалансами, установленных в вальце катка. Эти валы вращаются навстречу друг другу. Положение дебалансов может меняться на валах относительно друг друга, что позволяет получить колебания различного направления и интенсивности. **Осцилляция** – следующий шаг в технологии виброуплотнения. В отличие от виброкатков, катки с осцилляцией имеют другое расположение эксцентриков, и энергия вибрации идет не под прямым углом вниз, а имеет определенный угол (рис. 2.18).

Здесь вращающиеся в одном направлении грузы создают момент силы относительно оси вальца, который вызывает осциллирующие перемещения вальца по горизонтали. Появляющиеся при этом силы сдвига, направленные вперед и назад, передаются в слой. Валец остается в постоянном контакте с поверхностью. Непрерывная нагрузка в результате такого контакта также способствует быстрому и равномерному уплотнению материала. За счет этой технологии в первую очередь уменьшается площадь, на которую воздействует энергия уплотнения катка.

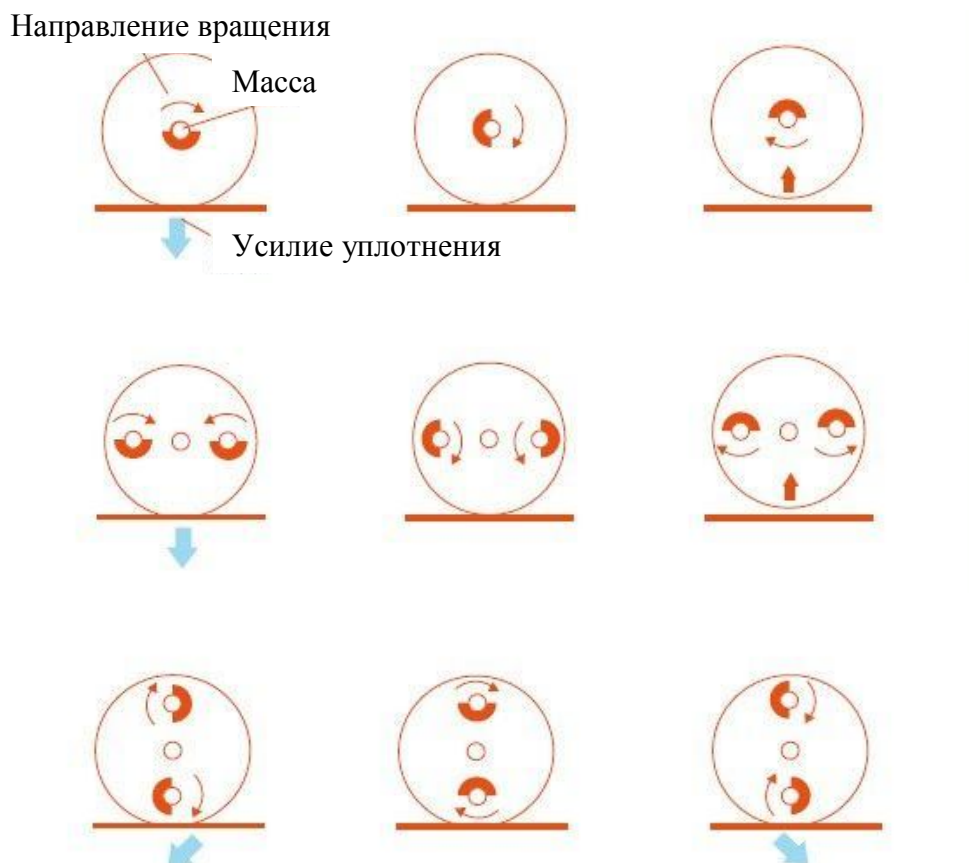


Рис. 2.18. Способы воздействия эксцентриков валцов с вибрацией и осцилляцией на уплотняемую поверхность (в нижнем ряду – валцы с осцилляцией)

Этот способ широко используется в городских условиях, практически не воздействуя на фундамент окружающих зданий, а также при работах на мостах.

В последнее время выпускаются грунтовые катки с технологией VIO – эта опция позволяет совместить в одном барабане систему вибрации и осцилляции. При этом оператор вручную выбирает, какой тип уплотнения ему нужен в данный момент. Переключение может быть выполнено даже в движении. Наиболее часто применяют подобные катки в городских условиях, вблизи зданий, в сложных условиях на песочных грунтах.

Прицепные решетчатые катки имеют опорную поверхность в виде решетки и эффективны при уплотнении крупнообломочных и гравелистых грунтов, грунтов с примесью мерзлых комьев, связных комковатых грунтов, но они в настоящее время практически используются редко (рис. 2.19).

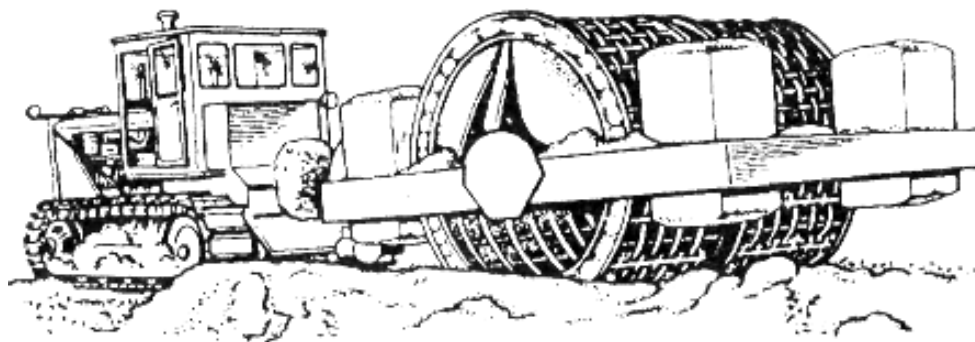


Рис. 2.19. Прицепной решетчатый каток

Эффективная толщина уплотняемого слоя грунта для традиционно используемых уплотняющих средств не превышает 0,3 – 0,5 м. Исключение составляют виброкатки, для них толщина уплотняемого слоя колеблется от 0,5 до 0,8 м.

Машины, выполняющие операции перемещения и разравнивания грунта, также выполняют и его предварительное, начальное уплотнение (табл. 2.17).

Таблица 2.17

**Значения начального коэффициента уплотнения грунта
при работе землеройно-транспортных машин**

Наименования машин	Значения начального коэффициента уплотнения грунта
Бульдозеры	0,80 – 0,85
Автомобили-самосвалы	0,85 – 0,90
Скреперы	0,90 – 0,92

В производственных условиях толщина слоя и количество проходов катка по одному следу определяются методом «пробной укатки». Ориентировочное количество проходов катка приведено в табл. 2.18.

Таблица 2.18

**Ориентировочное количество проходов катка по одному следу
при пробном уплотнении**

Виды уплотняющей машины	Толщина слоя грунта, см					
	песка	супеси легкой	суглинка, глины		крупнообломочного мерзлого (комья)	
	при коэффициенте уплотнения					
	0,95	0,98...1,00	0,95	0,98...1,00	0,95	0,98...1,00
Каток на пневматических шинах массой 20...30 т (ДУ-29, ДУ-39А, ДУ-16В, ДУ-55)	$\frac{14}{40}$	$\frac{18}{30}$	$\frac{16}{35}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{16}{20}$	$\frac{20}{15}$
Каток на пневматических шинах массой 15...16 т (ДУ-37)	$\frac{16}{25}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{22}{15}$	—	—
Каток кулачковый массой 16...20 т решетчатый (ДУ-52, ДУ-57)	$\frac{8}{40}$	$\frac{12}{30}$	$\frac{8}{35}$	$\frac{12}{20}$	$\frac{6}{40}$	$\frac{8}{30}$
То же массой 8 т (ДУ-26)	$\frac{6}{30}$	$\frac{9}{20}$	$\frac{8}{30}$	$\frac{12}{20}$	$\frac{6}{20}$	—
Каток вибрационный массой 4...8 т	$\frac{4}{75}$	$\frac{6}{40}$	—	—	$\frac{4}{60}$	$\frac{6}{40}$
То же массой 12...16 т	$\frac{6}{100}$	$\frac{8}{60}$	—	—	$\frac{6}{80}$	$\frac{8}{60}$
Трамбовочная плита массой 5,50 т, высота падения 5...7 м	$\frac{3}{100}$	$\frac{6}{120}$	$\frac{3}{120}$	$\frac{6}{90}$	$\frac{4}{120}$	$\frac{8}{90}$
Автомобили - самосвалы массой 10...15 т (КамАЗ, МАЗ и др.)	$\frac{15}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{20}$	—	—	—
Скрепер вместимостью ковша 9...15 м ³	$\frac{16}{25}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{18}{20}$	$\frac{22}{20}$	$\frac{20}{20}$	—
То же 7...8 м ³	$\frac{16}{25}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{16}{20}$	$\frac{20}{20}$	—	—

Примечания:

1. Над чертой указано количество проходов по одному следу, под чертой – толщина уплотняемого слоя.
2. Показатели приведены для катков с полной загрузкой балластом и нормальным давлением в шинах.

Используются и катки комбинированного типа, сочетающие в себе элементы различных типов катков, а также вальцовые катки со съемными кожухами (кулачковыми, решетчатыми).

Таблица 2.19

Технические характеристики катков

Марка катка	Тип катка	Эксплуатационная масса, т	Ширина полосы уплотнения, мм	Мощность двигателя, кВт
ДУ-84	Комбинированные	14,000	2000	151
ДУ-97		7,600	1700	58
ДУ-111		7,000	1700	58
CATERPILLER CB-535B		14,080	1700	80
БК-24		23,000	2995	180
ДУ-82	Виброкаток	3,500	1300	25,7
AMMAN AV 40-2		3,900	1300	22,3
CATERPILLER CB334EXW		4,150	2130	37
CATERPILLER CB634D		12,800	2130	108
ЗАО «Раскат» ДУ-74		7,3–8,5	1700	57,4

Ниже приведены технические характеристики вспомогательных машин для комплектования специализированного потока (табл. 2.19 – 2.21).

Таблица 2.20

Технические характеристики экскаваторов-планировщиков

Марка экскаватора	Базовое шасси	Мощность двигателя рабочего оборудования, кВт	Максимальный радиус планировки, м
ЭО-43214	КамАЗ-43118	100,0	9,00
EW-25-M1.100	КамАЗ-53228	100,0	12,00
UDS 214	Tatra 815-2	84,5	9,50

Технические характеристики поливомоечных машин

Показатель	Марка машины		
	КО-829А1-01	КО-713Н-41	КО-829А-01
Объем цистерны, л	7000	6100	7000
Базовая машина	КамАЗ-43253	МАЗ-438043	ЗИЛ-433362
Ширина рабочей зоны при поливе, м	2,5	2,5	2,5

После выбора машин определяем их производительность. Все объемы работ пересчитываем по слоям, начиная с нижележащего слоя, на длину принятой захватки $L_{захв}$ (рис. 2.20).

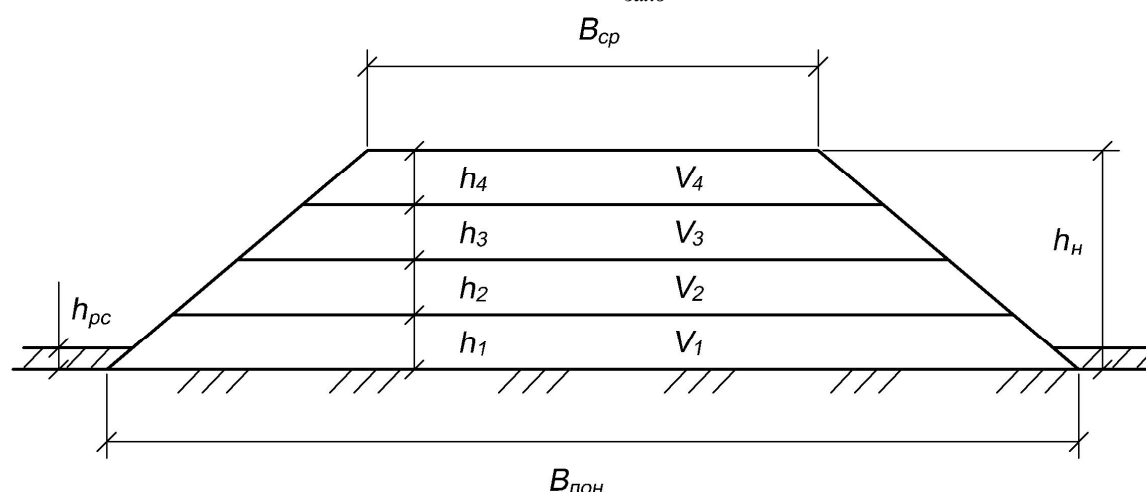


Рис. 2.20. Схема к определению послойных объемов работ

Имея сменный объем $V_{см}$ и производительность машины Π , можно определить количество маш.-смен n , потребное для выполнения этого объема работ, которое характеризует трудоемкость процесса.

$$n = V_{см} / \Pi, \quad (2.34)$$

где $V_{см}$ – сменный объем работ; Π – производительность машины.

Для каждой машины определяем коэффициент ее использования $K_{исп}$ в течение рабочей смены:

$$K_{исп} = n / n_{пр}, \quad (2.35)$$

где $n_{пр}$ – принятое количество машин.

При эффективной организации работ на строящемся участке коэффициент использования каждой машины в течение рабочей смены должен приближаться к единице, но не превышать значений 1,05 – 1,1.

Пример. Для рассматриваемого примера послойные объемы работ (для четырех слоев по 0,3 м толщиной), производительность машин, выполняющих эти работы, их количество и коэффициенты использования в течение рабочей смены заносим в калькуляцию трудовых затрат на возведение земляного полотна (табл. 2.22).

2.4. Определение технико-экономических показателей отряда

1. Производительность отряда в смену

$$\Pi_{отр} = V_{см} \cdot \quad (2.36)$$

2. **Средняя сменная выработка** – количество строительной продукции (в данном случае м³ грунта), приходящееся в среднем на одного работающего за единицу времени (смену).

$$B = \frac{\Pi_{отр}}{N}, \quad (2.37)$$

где N – количество рабочих в отряде.

3. Энергоемкость работ

$$\mathcal{E}_e = \frac{\sum M \cdot n \cdot t}{\Pi_{отр}}, \quad (2.38)$$

где M – мощность двигателей механизмов в отряде, кВт; n – количество однотипных машин в отряде, шт.; t – продолжительность смены, ч.

4. **Энерговооруженность рабочих в отряде** – показатель расходуемой мощности, приходящейся на одного производственного рабочего (кВт/чел.).

$$\mathcal{E}_s = \frac{\sum M \cdot n}{N}. \quad (2.39)$$

Пример. Для рассматриваемого примера:

1. Производительность отряда в смену

$$P_{отр} = V_{см} = 3733,31 \text{ м}^3/\text{смену}.$$

2. Средняя выработка в смену

$$B = \frac{3733,31}{32} = 116,67 \text{ м}^3/\text{чел.-смену}.$$

3. Энергоемкость работ

$$\Theta = \frac{6 \cdot 96 + 1 \cdot 118 + 15 \cdot 132}{3733,31} \cdot 8 = 5,73 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3.$$

4. Энерговооруженность в отряде

$$\Theta_{\text{с}} = \frac{6 \cdot 96 + 1 \cdot 118 + 15 \cdot 132}{32} = 83,56 \text{ кВт}/\text{чел}.$$

Таблица 2.22

Калькуляция трудовых затрат на возведение земляного полотна $h_n = 1,2$ м; $L_{захв} = 115$ м

Номер процесса	Номер захв.	Наименование технологического процесса	Источник обоснования норм	Ед. измер.	Объемы работ	Производительность, маш./см.	Количество маш. /см.		$K_{исп}$
							расчетное	принятое	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	I	Снятие (срезка) растительного слоя за 1-2 прохода по одному следу бульдозером ДЗ-35С	Е2-1-5	м ²	4411,40	13333,33	0,33	1	0,33
2	I	Доуплотнение подошвы насыпи самоходным пневоколесным катком ДУ-29А при ширине уплотняемой полосы 2,22 м , при 8 проходах по одному следу	Е2-1-31	м ²	4411,40	5925,93	0,74	1	0,74
3	I	Разработка и перемещение грунта первого слоя самоходным скрепером ДЗ-26	Е2-1-21	м ³	1056,32	761,90	1,39	2	0,70
4	II	Разравнивание грунта первого слоя бульдозером ДЗ-35С толщиной 0,3 м	Е2-1-28	м ³	1056,32	2105,26	0,50	1	0,50
5	II	Подвоз воды на среднее расстояние 6,5 км поливовой машиной ПМ-130Б с розливом по поверхности грунта	Расчет	т	100,35	37,43	2,68	4	0,67
6	II	Уплотнение грунта первого слоя толщиной 0,3 м самоходным катком на пневмошинах ДУ-29А при 12 проходах по одному следу	Е2-1-31	м ³	1056,32	1212,12	0,87	1	0,87

Продолжение табл. 2.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	III	Разработка и перемещение грунта второго слоя самоходным скрепером ДЗ-26	Е2-1-21	м ³	969,38	761,90	1,27	2	0,64
8	III	Разравнивание грунта второго слоя бульдозером ДЗ-35С толщиной 0,3 м	Е2-1-28	м ³	969,38	2105,26	0,46	1	0,46
9	III	Подвоз воды на среднее расстояние 6,5 км поливочной машиной ПМ-130Б с розливом по поверхности грунта	Расчет	т	92,09	37,43	2,46	3	0,82
10	IV	Уплотнение грунта второго слоя толщиной 0,3 м самоходным катком ДУ-29А при 12 проходах по одному следу	Е2-1-31	м ³	969,38	1212,12	0,80	1	0,80
11	IV	Разработка и перемещение грунта третьего слоя самоходным скрепером ДЗ-26	Е2-1-21	м ³	882,44	761,90	1,16	2	0,58
12	IV	Разравнивание грунта третьего слоя бульдозером ДЗ-35С толщиной 0,3 м	Е2-1-28	м ³	882,44	2105,26	0,42	1	0,42
13	IV	Подвоз воды на среднее расстояние 6,5 км поливочной машиной ПМ-130Б с розливом по поверхности грунта	Расчет	т	83,83	37,43	2,24	3	0,75
14	V	Уплотнение грунта третьего слоя толщиной 0,3 м самоходным катком ДУ-29А при 12 проходах по одному следу	Е2-1-31	м ³	882,44	1212,12	0,73	1	0,73

Окончание табл. 2.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	V	Разработка и перемещение грунта четвертого слоя самоходным скрепером ДЗ-26	E2-1-21	м ³	795,50	761,90	1,04	2	0,52
16	V	Разравнивание грунта четвертого слоя бульдозером ДЗ-35С толщиной 0,3 м	E2-1-28	м ³	795,50	2105,26	0,38	1	0,38
17	VI	Подвоз воды на среднее расстояние 6,5 км поливочной машиной ПМ-130Б с розливом по поверхности грунта	Расчет	т	75,57	37,43	2,02	3	0,67
18	VI	Уплотнение грунта четвертого слоя толщиной 0,3 м самоходным катком ДУ-29А при 12 проходах по одному следу	E2-1-31	м ³	795,50	1212,12	0,66	1	0,66
19	VI	Окончательная планировка верха земляного полотна автогрейдером ДЗ-99 с приданием уклона	E2-1-37	м ²	2387,40	44444,44	0,05	1	0,05
20	VI	Доуплотнение верха земляного полотна пневоколесным катком ДУ-29А при ширине уплотняемой полосы 2,22 м , при 12 проходах по одному следу	E2-1-31	м ²	2387,40	5925,93	0,40	1	0,40
21	VI	Окончательная планировка откосов земляного полотна автогрейдером ДЗ-99	E2-1-39	м ²	1138,50	21052,63	0,05	1	0,05
22		Окончательное уплотнение откосов земляного полотна катком ДУ-29А	E2-1-31	м ²	1138,50	4188,48	0,27	1	0,27
23	VI	Укрепление откосов насыпи ПРС бульдозером ДЗ-35С	E2-1-28	м ³	418,98	2105,26	0,20	1	0,20

Контрольные вопросы

1. В чем заключается отличие поточного и участкового способов выполнения работ?
2. Как определяются объемы земляных работ по видам работ?
3. В чем заключается понятие специализированного потока?
4. Что относится к параметрам потока?
5. Где используется коэффициент относительного уплотнения, от чего зависит его значение?
6. Как определяется длина захватки?
7. В чем заключается определение сменного объема работ?
8. Что такое «ведущая операция», «ведущая машина»?
9. Как выполняется выбор ведущей машины?
10. В чем заключается отличие боковых и сосредоточенных резервов грунта, области их применения?
11. По каким показателям выполняется оценка пригодности грунтов для отсыпки земляного полотна?
12. Почему выполняется послойная отсыпка насыпи земляного полотна?
13. Какие способы уплотнения грунта вы знаете?
14. Какие типы уплотняющих средств используют при возведении насыпи? область их применения?
15. Что такое «оптимальная влажность» и «максимальная плотность грунта»?
16. Какие грунты относятся к грунтам нормальной влажности?
17. Как определить потребное количество воды при увлажнении грунта?
18. От чего зависит время распределения воды по толщине слоя грунта?
19. Как рассчитывается количество используемых машин?
20. Как определяется коэффициент использования машины в течение смены?
21. В чем заключается отличие землеройных от землеройно-транспортных машин?
22. Какова область применения различного типа катков?
23. В чем заключается назначение требуемого коэффициента уплотнения? от каких параметров зависит его величина?
24. Каким способом определяется потребное количество проходов катка?

25. Как определяется производительность дорожно-строительных машин.

26. Что входит в состав основных работ?

27. Что входит в состав отделочных работ?

28. Что относится к технико-экономическим показателям отряда?

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

После комплектования отряда ведущих и вспомогательных машин по возведению земляного полотна необходимо остановиться на особенностях выполнения технологических процессов, а также схемах работы используемых дорожно-строительных машин.

3.1. Устройство временных (землевозных) дорог

До начала основных работ на участках, отведенных для строительства дороги и ее сооружений, а также на участках временного отвода земель, для нужд строительства должны быть выполнены *подготовительные работы (внеплощадочные и внутриплощадочные)*. К *внеплощадочным* относят в основном работы по подготовке к строительству сооружений: производственных баз, карьеров, временных железных и автомобильных дорог (для снабжения материалами и энергоресурсами) и других коммуникаций. К *внутриплощадочным* относят работы по подготовке территории непосредственно в пределах полосы отвода для сооружения земляного полотна.

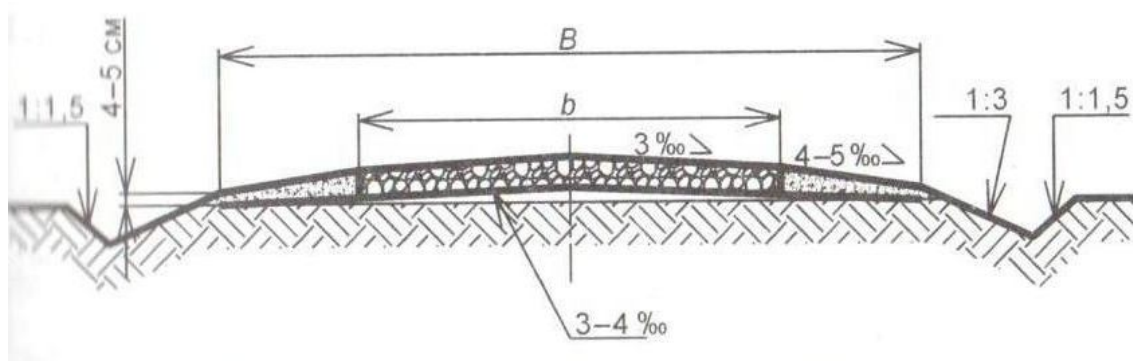


Рис. 3.1. Серповидный поперечный профиль грунтовой
дороги с водоотводными кюветами:

B – ширина земляного полотна; b – ширина проезжей части

Временные землевозные дороги (рис. 3.1) устраивают, как правило, параллельно строящемуся участку в случаях невозможности или экономической нецелесообразности использовать для перевозки грунта дороги общей сети, подъездные и внутриобъектные дороги общего назначения. Временные землевозные дороги должны обеспечивать перевозку полного объема грунта из сосредоточенного резерва во время строительства.

Временные землевозные дороги устраивают **двухполосными**. Однополосные дороги допускаются только при одностороннем движении. Ширина проезжей части дорог для автомобилей-самосвалов грузоподъемностью до 12 т должна быть при двустороннем движении 7 м, при одностороннем – 3,5 м. При грузоподъемности автомобилей-самосвалов более 12 т, а также при использовании специальных землевозных машин ширина проезжей части определяется расчетом. Ширина обочин должна быть не менее 1 м, а в стесненных условиях, на выездах и объездах не менее 0,5 м с каждой стороны.

На временных землевозных дорогах в условиях эксплуатации при влажности грунтов, близкой к оптимальной, устраивают грунтовое покрытие с профилированием и уплотнением. При устройстве временных дорог выполняют срезку растительного слоя, нарезку водоотводных кюветов автогрейдерами. Выбранный грунт кюветов используют для придания поперечного профиля грунтовой дороги, распределяя его бульдозерами или автогрейдерами, обеспечивая тем самым водоотвод с проезжей части. После выполнения работ по разравниванию грунта выполняют его прикатку 6 – 8 проходами катка.

3.2. Подготовка грунтового строительного карьера (резерва) к работе

Строительные карьеры – это временные производственные предприятия. Срок их службы соответствует сроку строительства дороги. Их организуют строительные организации в непосредственной близости от объектов строительства. Строительные карьеры подразделяют на притрассовые, создаваемые вблизи трассы, и базисные, создаваемые на мощных месторождениях как вблизи трассы, так и на удалении от нее. Перед началом работ в карьерах проводятся подготовительные и вскрышные работы, обеспечивающие в дальнейшем нормальную бесперебойную работу. При подготовительных работах с поверхности будущего карьера удаляют растительный слой, мелкий

кустарник и т.д. Для этого чаще всего используется навесное оборудование:

- **кусторезы** предназначены для расчистки строительных площадок от кустарника и мелколесья;

- **корчеватели** предназначены для корчевания пней, очистки площадок от камней-валунов, уборки стволов и кустарника, срезанных кусторезами (рис. 3.2);

- **рыхлители** предназначены для предварительного рыхления слежавшихся и мёрзлых грунтов.

Срезанный растительный грунт сдвигается в штабели для дальнейшего использования.



Рис. 3.2. Корчеватель МП-18-6

Разработка грунта в карьере выполняется экскаваторами, самоходными скреперами, фронтальными погрузчиками. Первые проходы, как правило, выполняет бульдозер.

Основными элементами карьера являются:

- **уступ** – часть месторождения, ограниченная горизонтальной и наклонной плоскостями;

- **забой** – участок уступа, где происходит разработка породы;

- **рабочий горизонт** – площадка, на которой устанавливают машины для разработки уступа;

- **фронт работы** – общая длина всех забоев, в которых добывают материал или подготавливают его к добыче.

Залежи грунта в месторождении могут быть скрыты под слоем почвы, а также глинистых и других пород, непригодных для строительных работ. Этот слой называют **вскрышей**.

Вскрышные работы, т. е. удаление вскрыши (рис. 3.3) за пределы карьера и обнажение залежей полезного ископаемого, производят заблаговременно во избежание загрязнения добываемого грунта нежелательными примесями. Вскрышные работы осуществляют бульдозерами, скреперами, иногда при большой мощности слоя вскрыши экскаваторами с вывозкой в отвал.

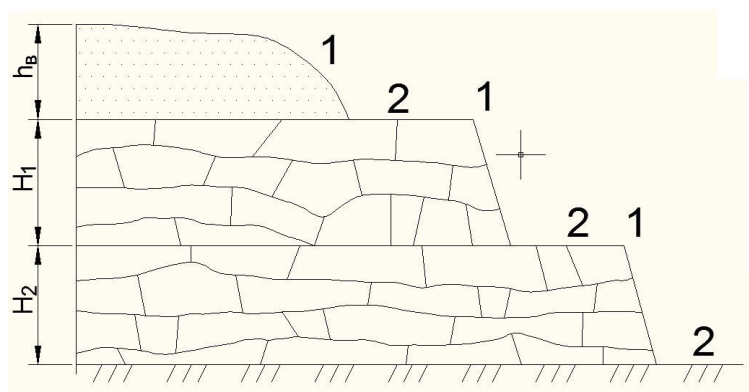


Рис. 3.3. Схема разработки грунтового карьера: h_v – высота уступа вскрыши; H_1 , H_2 – высота верхнего и нижнего добычных уступов; 1 – бровки уступов; 2 – рабочие площадки вскрышного и добычных уступов



Рис. 3.4. Работа экскаваторов в строительном карьере

После удаления вскрыши в карьере прокладывают траншеи для образования рабочих уступов (рис. 3.4) и транспортных путей (землевозных дорог).

Высота уступа составляет 6 – 10 м и более. Она связана с высотой черпания применяемого экскаватора. Если грунт залегает в карьере более мощным слоем, то его добычу производят послойно (рис. 3.5). Ширина забоя также зависит от типа экскаватора и составляет 1,2 – 1,3 его радиуса черпания. Установка экскаватора в забое выполняется строго в соответствии с правилами техники безопасности.

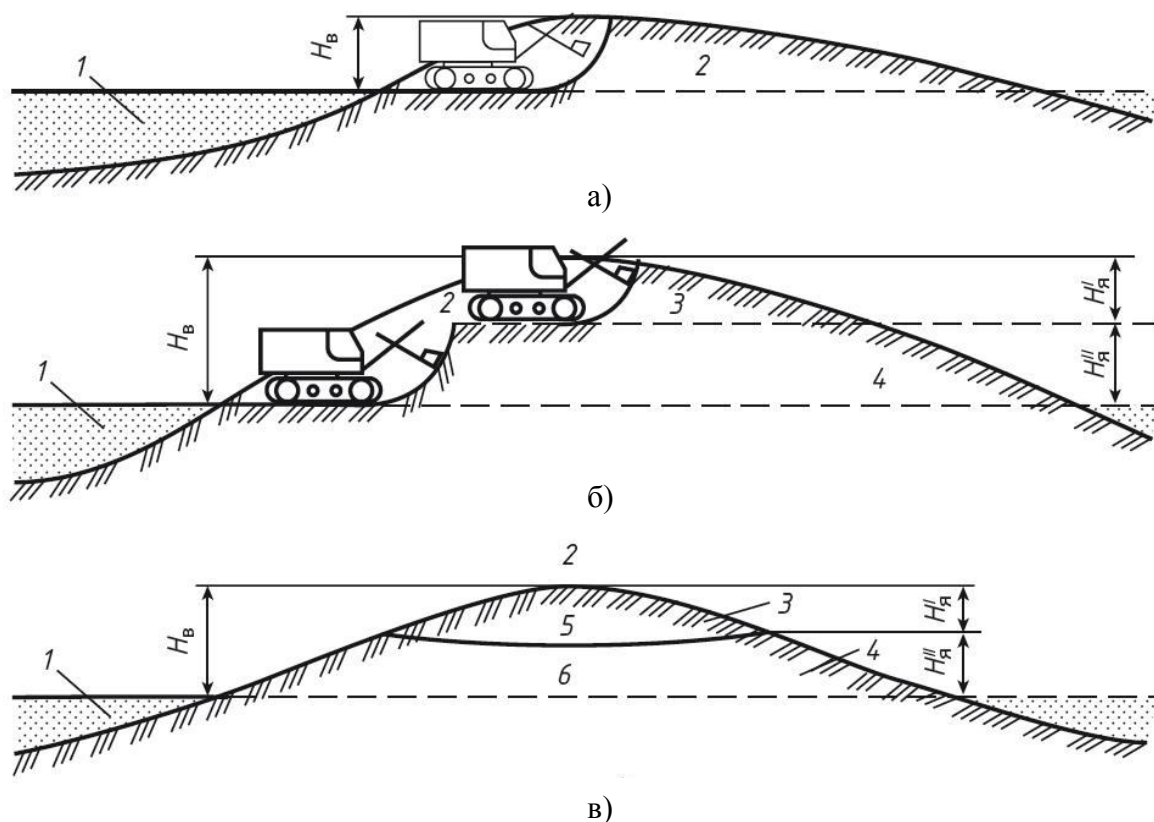


Рис. 3.5. Способы разработки выемок и карьеров:
 а – лобовой способ; б – способ ярусной разработки;
 в – условия применения способа ярусной разработки; 1 – насыпь;
 2 – выемка; 3 – I ярус; 4 – II ярус; 5 – супесчаный грунт;
 6 – суглинок; H_B – глубина выемки; $H_{Я}^I$ и $H_{Я}^{II}$ – соответственно
 глубина I и II ярусов

После окончания работ в карьере необходимо выполнить **рекультивацию** (восстановление) строительных карьеров и временных дорог.

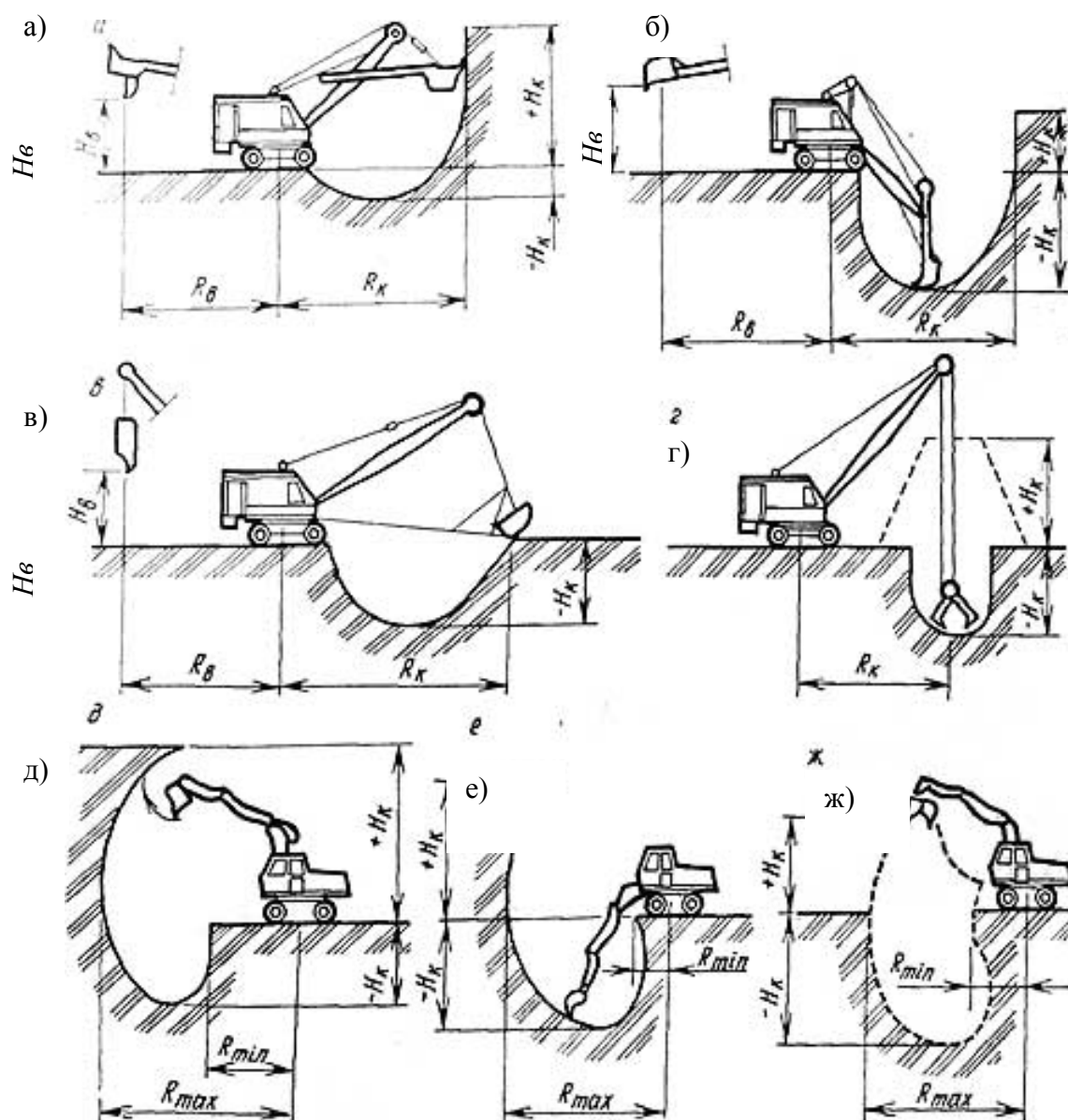


Рис. 3.6. Условные схемы поперечных профилей забоев экскаваторов с различным рабочим оборудованием: а — прямая лопата с канатным управлением; б — обратная лопата; в — драглайн; г — ж — грейферы; д — профиль забоя прямой лопаты с гидравлической системой управления; е — то же обратная лопата; ж — грейфер; R_k — радиус копания; R_b — радиус выгрузки; $+H_k$ — высота копания; $-H_k$ — глубина копания; H_b — высота выгрузки

Поперечные профили забоев после работы землеройных машин (рис. 3.6) достаточно разнообразны, но в любом случае следует предусмотреть мероприятия по предотвращению обрушения откосов резерва и дальнейшей эрозии почвы, которые можно условно разделить

на следующие категории, исполняемые для успешного исхода рекультивации почв поэтапно: технические и биологические мероприятия.

При наличии проекта рекультивации на техническом этапе рекультивации земель производится корректировка ландшафта с целью приспособить его для дальнейшего использования в качестве сельскохозяйственных или лесных угодий – выполаживание склонов карьера (рис. 3.7), которое выполняется бульдозерами, фронтальными погрузчиками и т.д.

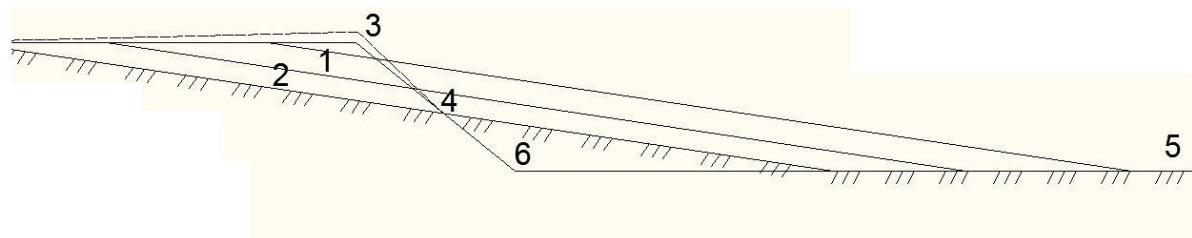


Рис. 3.7. Схема выполаживания откосов карьера после рекультивации:
1 – слой распределенной почвы; 2 – слой распределенной пустой породы (вскрыши); 3 – контур откоса карьера до рекультивации (срезка);
4 – уположенный откос карьера; 5 – дно карьера; 6 – грунт, перемещенный после срезки с откоса на дно карьера

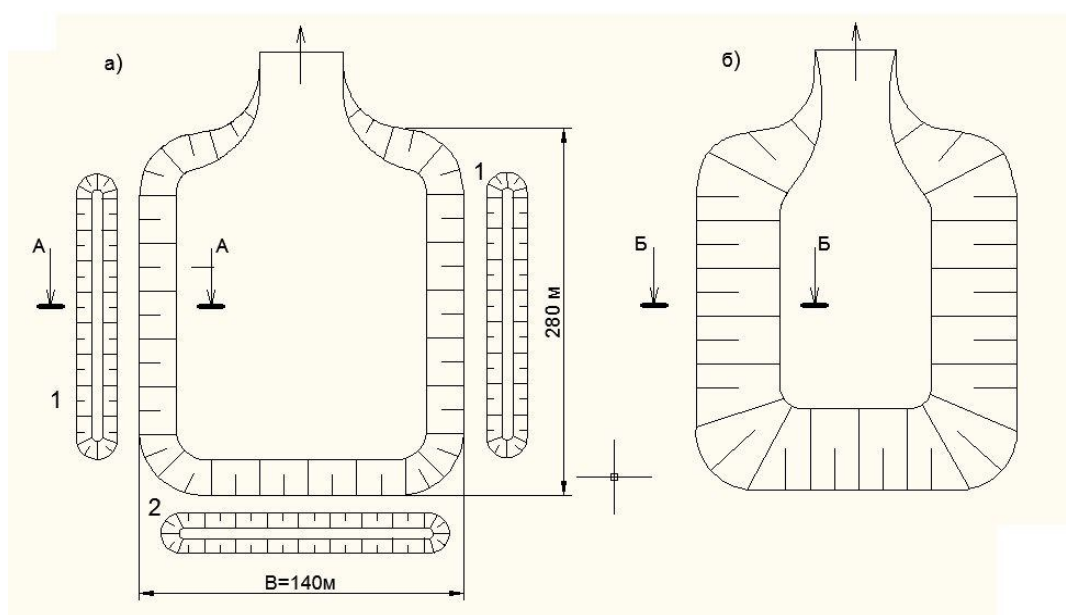


Рис. 3.8. План-схема строительного карьера до и после рекультивации:
а – до рекультивации (после выработки); б – после рекультивации (выполаживания откосов); 1 – вал почвы, снятой с площадки карьера до начала разработки; 2 – вал пустой породы (вскрыши);
В – ширина карьера поверху, м

На этапе биологической рекультивации (рис. 3.8) восстановление плодородия осуществляется в два этапа:

- надвижка срезанного почвенно-растительного слоя бульдозером или автогрейдером;
- внесение органических и минеральных удобрений. Эту операцию выполняют поливомоечные машины или гидросеялки.

3.3. Разбивочные работы, снятие и складирование растительного слоя на строящемся участке

Границы в плане, толщина снятия и места складирования грунтов плодородного слоя почвы определяются в проекте производства работ. Разбивка местности по снятию почвы заключается в выноске в натуру границ срезки и контуров валов складирования. Разбивка земельного полотна состоит в нанесении и закреплении на местности основных точек, определяющих поперечные размеры оснований будущих насыпей и верхние бровки выемок с учетом уклона местности, толщины снимаемого растительного слоя и расположения боковых канав и резервов. Эти границы отмечают бороздами, вырезаемыми автогрейдером, или кольями, забиваемыми через 25...50 м.

Разбивку выполняют, руководствуясь проектными материалами и рабочими чертежами, в которых приведены типовые поперечные профили насыпей и выемок будущей дороги, продольный профиль с рабочими отметками каждого пикета.

Все необходимые точки закрепляют на местности кольями. На кольях делают затески, на которых несмываемой краской указывают пикетажное положение и отметку насыпи или выемки. Для обеспечения сохранности от повреждения строительными машинами и автомобилями за пределами рабочей зоны устанавливают дополнительные колья, которые позволяют оперативно восстанавливать сбитые колья.

На дорогах, имеющих высоту насыпи до 1,5 м, по оси забивают колья, указывающие номера пикетов и высоту насыпи, а рядом ставят вежу с поперечной планкой наверху, обозначающей поверхность будущей насыпи. При насыпях большей высоты ограничиваются забивкой только кольев по оси.

На косогорах разбивку поперечного профиля ведут с применением теодолита, контрольного шаблона, уровня и рейки.

Разбивку водоотводных и нагорных канав проводят путем установки по их осям кольев, на которых обозначают глубину канавы в данной точке, а на кольях, вынесенных за пределы канавы, – ее ширину.

Размеры и очертания канав при работе проверяют шаблонами. Закрепление временной полосы отвода для строительства проводят одновременно с разбивкой элементов земляного полотна. Полоса постоянного отвода находится обычно в пределах полосы временного отвода, поэтому границы ее закрепляют после полного окончания работ по отделке земляного полотна и ликвидации временных подъездных дорог.

Ряд водоотводных сооружений должны быть построены до возведения земляного полотна. В связи с этим отсыпку насыпи начинают с разработки резервов и канав. До начала разработки выемок прорывают нагорные канавы, предварительно производят осушение оползневых склонов и болот.

Работы по разработке канав состоят из следующих операций. На месте обозначают оси канав вехами, затем проводят ограничительные борозды автогрейдерами и поперечными зарезаниями бульдозером, перемещают грунт в насыпь или распределяют по прилегающей местности. Планировку откосов и точное придание им формы производят автогрейдерами с откосниками.

Растительный слой снимают в талом состоянии, перемещая его за границы полосы отвода бульдозерами, скреперами или автогрейдерами. При этом используются следующие схемы работ (рис. 3.9).

Иногда при больших объемах работ по снятию почвенно-растительного слоя (ПРС) – толстый слой ПРС, большая ширина дорожной полосы – сначала производят срезку слоя бульдозером с поворотным отвалом в продольные валы, из которых грунт позднее перемещают бульдозерами или автогрейдерами за пределы дорожной полосы.

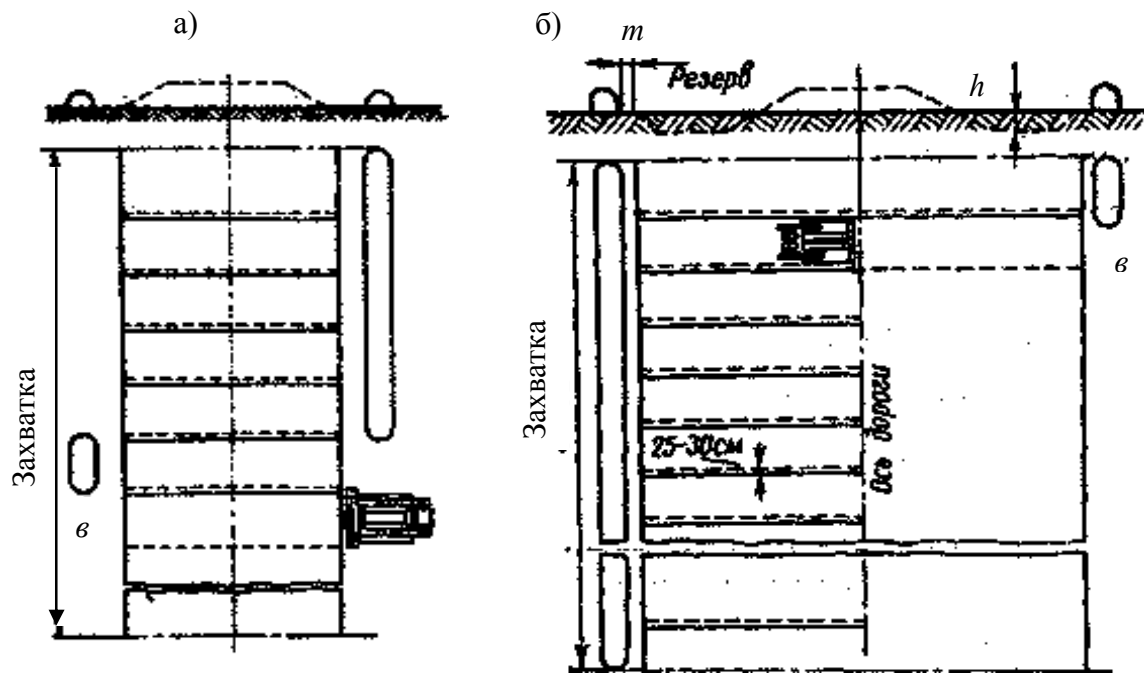


Рис. 3.9 Схема снятия плодородного слоя почвы поперечным способом:
 а – на полосе шириной менее 25 м; б – на полосе шириной 30 – 40 м;
 в – вал растительного грунта; h – толщина слоя; t – расстояние,
 обеспечивающее продольный проход землеройных машин и автосамосвалов

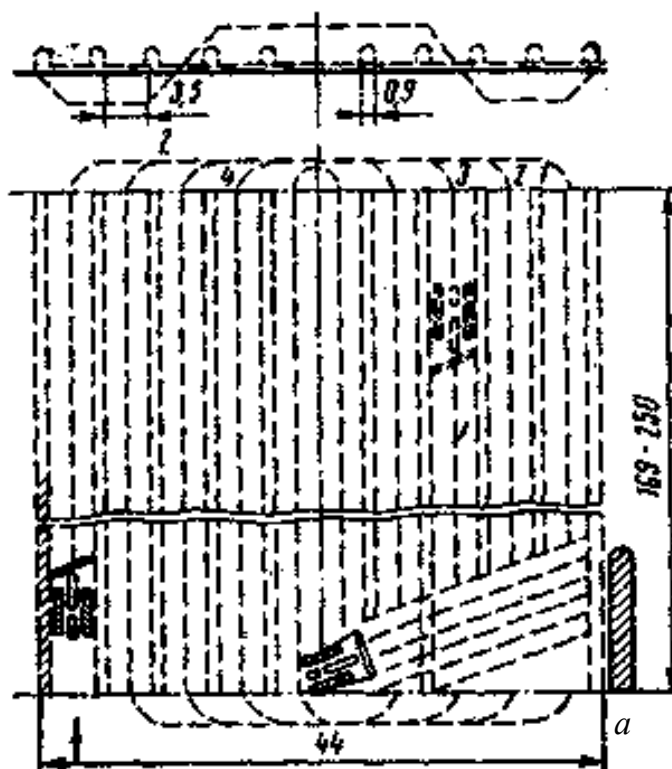


Рис. 3.10. Схема продольно-поперечной срезки
 и перемещения плодородного слоя почвы: а – вал растительного грунта;
 1, 2, 3, 4 – продольные и косые проходы бульдозера

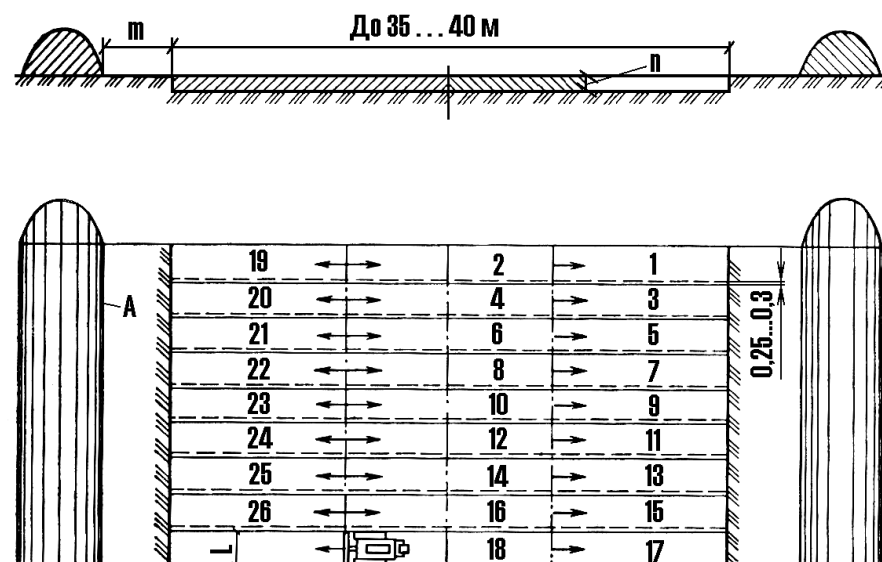


Рис. 3.11. Поперечно-участковая схема снятия плодородного слоя бульдозером с неповоротным отвалом: n – толщина снимаемого слоя; m – полоса для движения машин; A – валы (бурты) грунта; L – ширина отвала бульдозера; 1–26 – проходы бульдозера

Поперечное перемещение почвы на половине ширины дорожной полосы производят косыми проходами бульдозера (под углом к продольной оси дороги) с тем, чтобы при каждом проходе обеспечивалась полная загрузка бульдозера (рис. 3.10, 3.11).

3.4. Разработка и перемещение грунта землеройными и землеройно-транспортными машинами

Разработку и перемещение грунта в зависимости от условий производства работ выполняют различными землеройно-транспортными или землеройными машинами. Способы отсыпки насыпи представлены на рис. 3.12, прил. В.

Скреперами (рис. 3.13) можно разрабатывать любые нескальные грунты, за исключением переувлажненных и грунтов, содержащих крупные камни и корни. Значительно снижается производительность при разработке переувлажненных грунтов, так как затрудняется загрузка и особенно разгрузка скрепера, а также сухих песков.

При разработке и перемещении грунта из сосредоточенного резерва скреперами в зависимости от высоты, ширины и протяженности строящегося участка назначают рациональные расстояния между въездами на насыпь и съездами с нее, как правило, равными 100 – 200 м.

Ширина съезда (въезда) должна быть не менее 3,5 м. По отношению к оси насыпи въезды и съезды для безопасности движения располагают под углом таким образом, чтобы крутизна их не превышала для прицепных скреперов 18 – 20 ‰, а поперечный уклон – не более 8 – 10 ‰. При пологих откосах (1:3, 1:4) съезды и въезды можно не устраивать.

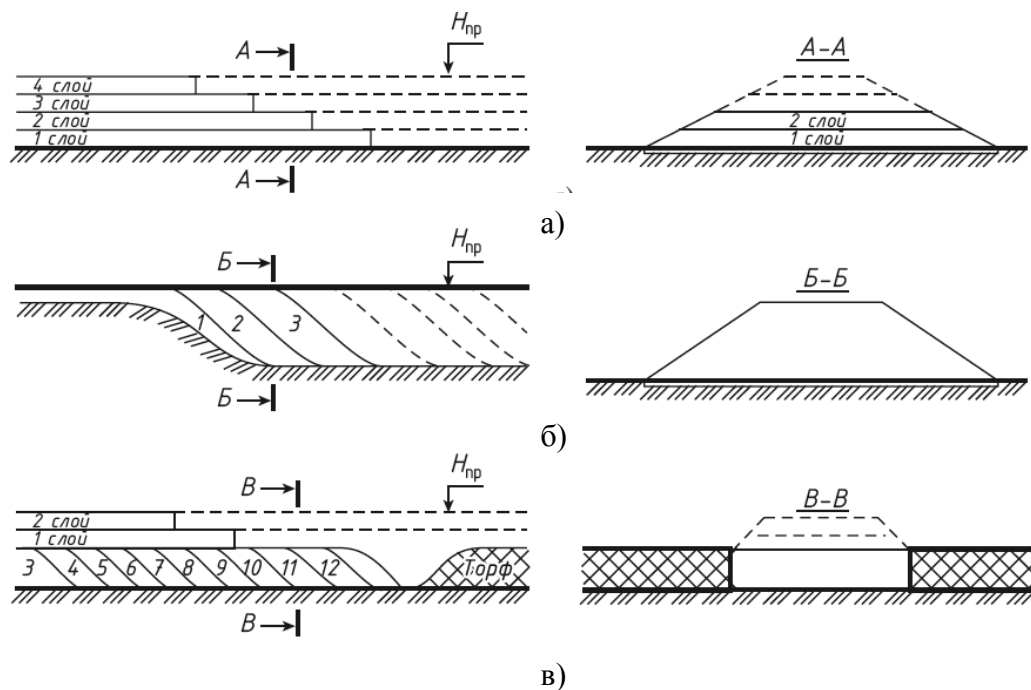


Рис. 3.12. Способы отсыпки насыпей:
 а – послойной отсыпки; б – «с головы»; в – комбинированный



Рис. 3.13. Самоходный скрепер МоАЗ-60148

Организацию движения скреперов следует вести так, чтобы при движении их в груженом состоянии было минимальное количество поворотов. При окончательной планировке откосов съезды и въезды срезаются.

Прицепные скреперы работают в агрегате с базовыми гусеничными или пневмоколесными тракторами. Их используют при дальности транспортирования от 100 до 500 м. При больших расстояниях транспортирования прицепные скреперы уступают по рентабельности самоходным, а также автомобилям-самосвалам, загружаемым экскаваторами или фронтальными погрузчиками.

Полуприцепные (самоходные) скреперы работают в агрегате с базовыми быстроходными пневмоколесными тягачами. Их используют при дальности транспортирования от 300 до 3000 м.

Технологический процесс работы скреперов состоит из следующих операций: зарезание грунта с наполнением ковша; перемещение (транспортировка) к месту разгрузки; разгрузка с укладкой грунта в насыпь или в отвалы и кавальеры; возвращение в забой (холостой ход) (рис. 3.14).

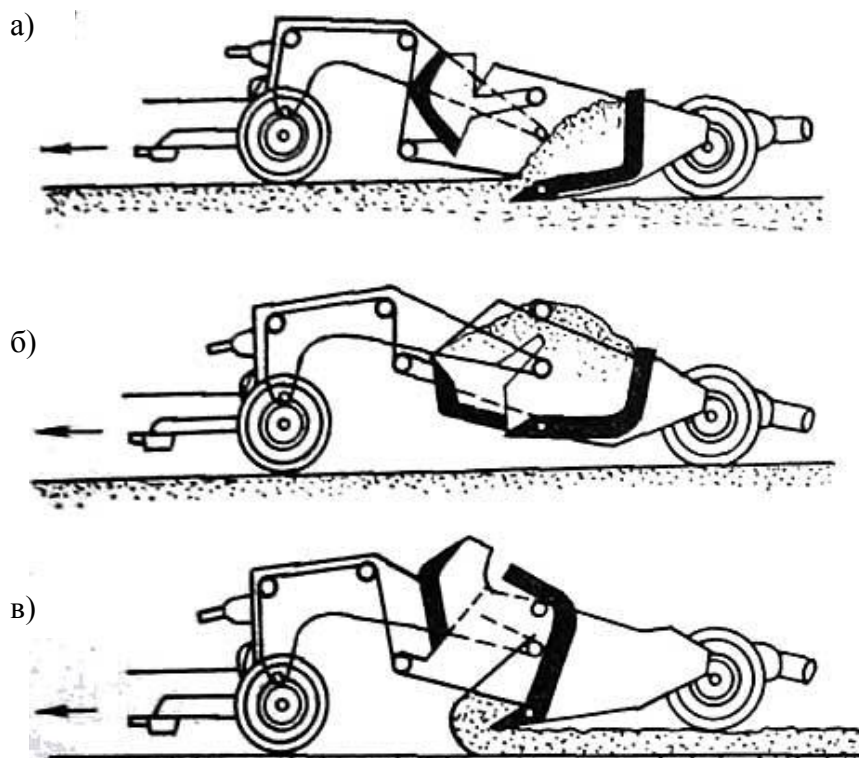


Рис. 3.14. Рабочий процесс скрепера:
а — операция разработки грунта; *б* — транспортировка грунта;
в — выгрузка

Зарезание грунта должно выполняться так, чтобы ковш загрузился полностью при наименьшем пути набора и наибольшей скорости. Ковш скрепера наполняют при прямолинейном движении, стремясь срезать грунт наиболее толстой стружкой. Это создает лучшие условия для заполнения ковша. Длина пути наполнения – 15...25 м.

Целесообразно набор грунта осуществлять при движении под уклон 3...6°, однако следует иметь в виду, что при большем уклоне грунт поступает в ковш не полностью, затрудняя работу скрепера.

Разгрузку скреперов производят на ходу при прямолинейном движении с малой скоростью (3...4 км/ч). Разгрузка позволяет производить послойную укладку грунта. Кромку ножа скрепера устанавливают на уровне, обеспечивающем требуемую толщину слоя грунта. Не допускается разгрузка грунта кучами. При движении скрепера с одновременным разравниванием слоя создаются лучшие условия для уплотнения грунта и движения скреперов с повышенными скоростями. Для обеспечения равномерной толщины отсыпаемого слоя грунта по всей площади необходимо разгружать ковш только при движении скрепера. Толщина слоя отсыпки должна составлять: для песчаных грунтов 30 – 40 см, для глинистых грунтов 35 – 50 см. Толщина отсыпаемого слоя зависит от выбора уплотняющих средств. При движении порожних скреперов их можно использовать для выравнивания и планировки землевозных путей.

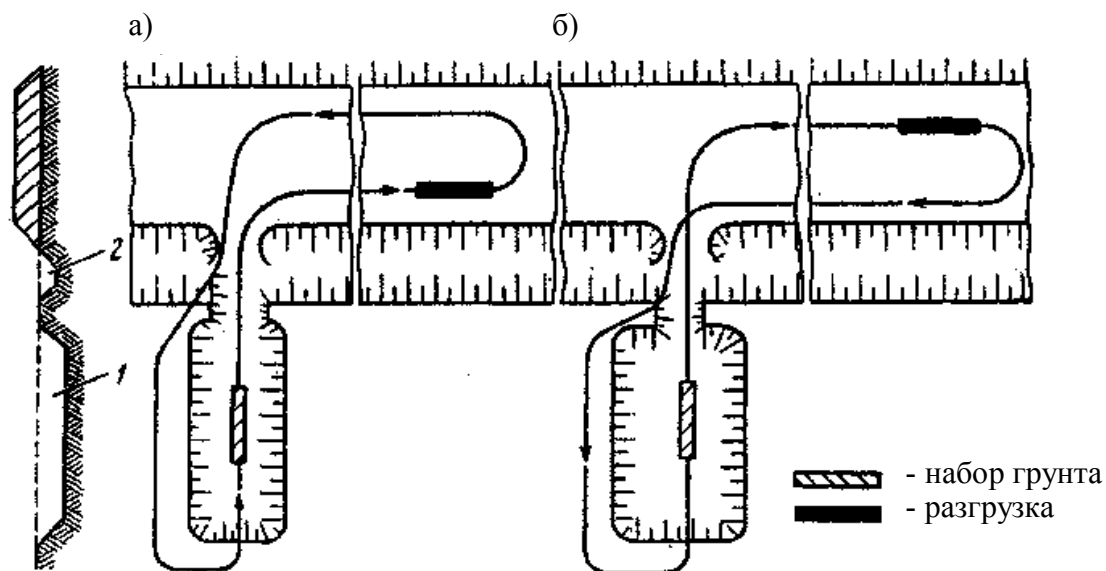


Рис. 3.15. Схема разработки грунта скреперами в сосредоточенном резерве с перемещением его в насыпь: а – при отсыпке правой части земляного полотна; б – при отсыпке левой части земляного полотна; 1 – сосредоточенный резерв; 2 – водоотводная канава

Схема разработки грунта и его транспортировки скреперами из сосредоточенного резерва в насыпь приведена на рис. 3.15.

Основные схемы зарезания грунта скреперами и схемы их движения при работе приведены на рис. 3.16, 3.17.

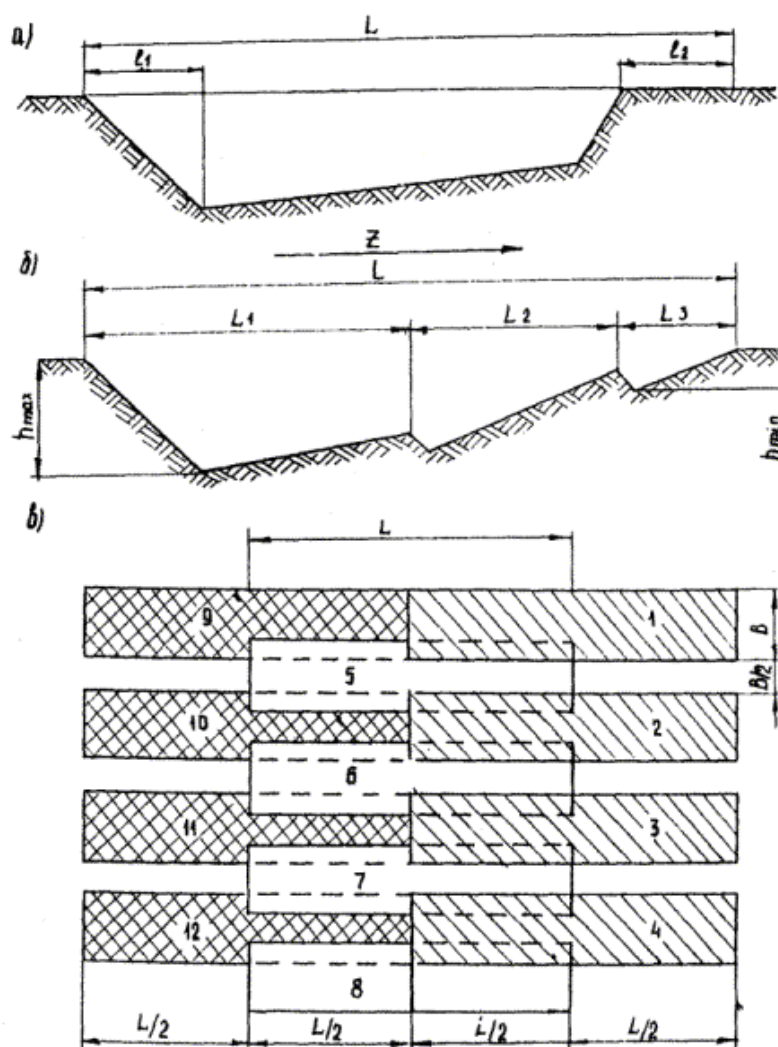


Рис. 3.16. Способы резания грунта скреперами:
a – обычный; *б* – гребенчатый ; *в* – ребристо-шахматный ;
z – направление движения; *L* – длина набора грунта;
*l*₁ – путь резания ; *l*₂ – путь извлечения ковша скрепера;
h – глубина резания; *L*₁, *L*₂, *L*₃ – длина пути набора
при 1, 2, 3 зарезании грунта;
1 – 12 – проходы скреперов; *B* – ширина захвата

Подъездные пути прокладывают с учетом движения груженого скрепера на подъем с уклонами – до 150 ‰, на спуск – до 200 ‰, с поперечным уклоном – до 100 ‰, для движения порожняком соответ-

ственно до 200 % на подъем и до 300 % на спуск, с поперечным уклоном – до 120 ‰. В обоих направлениях радиусы закругления – не меньше 15...20 м.

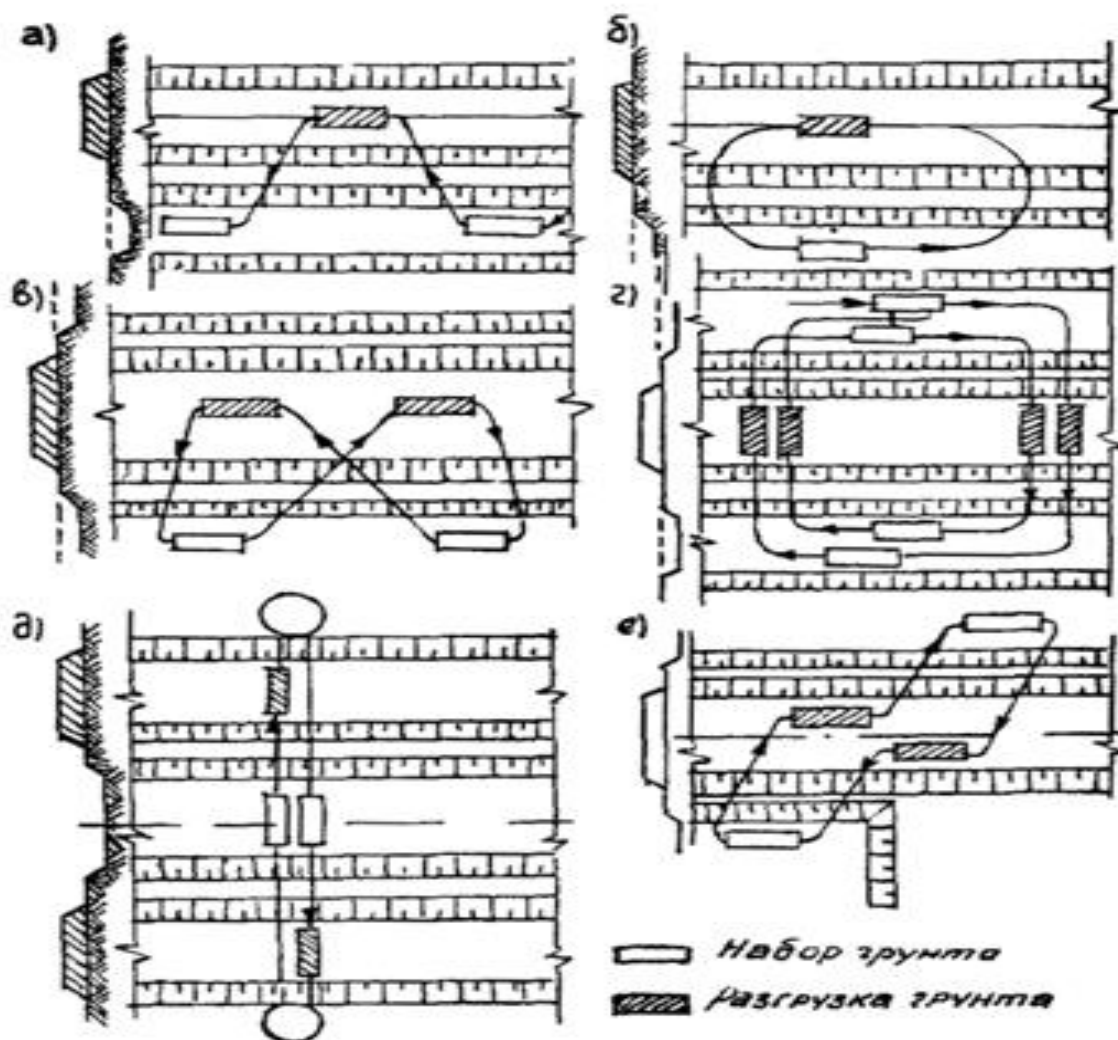


Рис. 3.17. Схемы работы скреперов:
 а – зигзагообразная; б – эллиптическая; в – восьмеркой;
 г – спиральная; д – челночно-поперечная; е – челночно-продольная

Работу скреперов следует организовывать колоннами в 6 – 8 и более машин, что обеспечивает лучшие условия работы скреперов и более полное использование сопутствующих машин.

Грунт из выемок в насыпь перемещается продольными проходами с разворотами в концах участка. Отсыпку грунта в насыпь следует проводить от краев к оси слоями на всю ширину земляного полотна, включая откосные части. Отсыпку слоя грунта скрепером вы-

полняют «от себя», чтобы использовать проезд груженого скрепера для уплотнения отсыпанного грунта.

При использовании самоходных скреперов применение толкачей обязательно. Один трактор-тягач может обслужить до пяти скреперов, работающих в одном месте (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Количество скреперов, обслуживаемых одним трактором-толкачом

Дальность транспортирования грунта, м	Количество скреперов, обслуживаемых одним толкачом, при вместимости ковша, м ³		
	4,5 – 7	8 – 10	15 – 18
200 – 250	4	3	3
300 – 400	4	3	3
450 – 500	4	4	4
750 – 950	5	4	4
1000 и более	—	5	5

Длина пути резания грунта при совместной работе скрепера и толкача в супесчаных и суглинистых грунтах сокращается до 10 – 12 м, в глинистых – до 15 – 18 м, при этом толщина стружки увеличивается до 25 % (рис. 3.18).

По *челночной* схеме бульдозер-толкач помогает наполнять ковш скрепера 1 и задним ходом возвращается в исходное положение для наполнения очередного скрепера. Схему применяют при коротких забоях.

По *челочно-цепной* схеме бульдозер-толкач помогает набирать грунт скреперу 1, затем скреперам 2 и 3. По окончании наполнения ковша скрепера 3 бульдозер-толкач возвращается в исходное положение. При работе по этой схеме сокращается число холостых ходов бульдозера-толкача и повышается его производительность (за 1 ч загружается до 20...25 скреперов).

Обе эти схемы применяют в горизонтальных и наклонных забоях.

По *эллиптически-цепной* схеме забой разрабатывают встречными смежными проходами скреперов. При этом ликвидируют холостые пробеги бульдозера-толкача, так как очередной скрепер возвращается в забой с противоположной стороны и бульдозеру-толкачу достаточно развернуться на 180°.

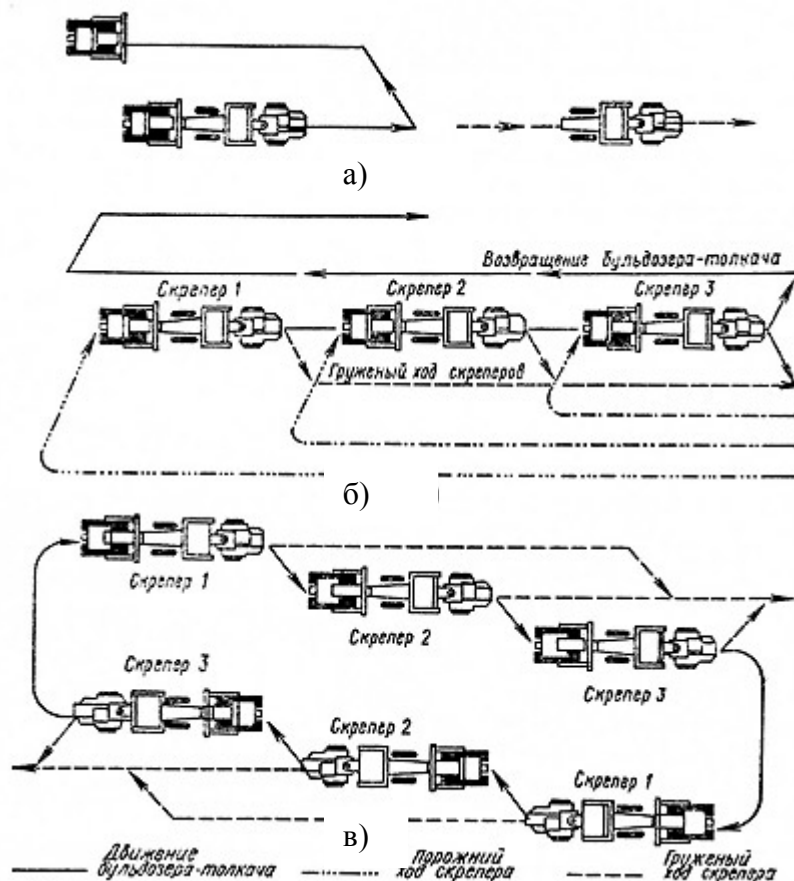


Рис. 3.18 Схемы работы бульдозера-толкача (со скреперами):
а – челночная; б – челочно-цепная; в – эллиптически-цепная

Схему применяют при разработке выемки с транспортированием грунта в две смежные насыпи, при разработке выемки или канала с укладкой в кавальеры.

Разработку грунта в сосредоточенном резерве **одноковшовыми экскаваторами** (рис. 3.19) производят проходками.

Цикл работы экскаватора включает в себя наполнение ковша грунтом, поворот к месту выгрузки, разгрузку ковша и обратный поворот его к забою.

Зону работы экскаватора называют **забоем**. Под забоем понимается месторасположение экскаватора, место копания грунта и местонахождение автотранспорта или выгрузки грунта в отвал, когда автотранспорт не используется.

Размеры забоя выбираются такими, чтобы экскаватор мог работать с наивысшей производительностью, т.е. с минимальными затратами времени на наполнение ковша грунтом, поворот к месту выгруз-

ки грунта, выгрузку грунта и возвращение ковша в исходное для копания положение.



Рис. 3.19. Одноковшовый экскаватор с обратной лопатой JCB JS330 (Великобритания)

Экскаватор и транспортные средства (рис. 3.20) должны быть расположены в забое таким образом, чтобы среднее значение угла поворота экскаватора от места заполнения ковша до места его выгрузки было минимальным, так как поворот стрелы осуществляется дважды – с грузом до транспортного средства и после выгрузки, время поворота в среднем составляет до 70 % рабочего времени одного цикла экскаватора.

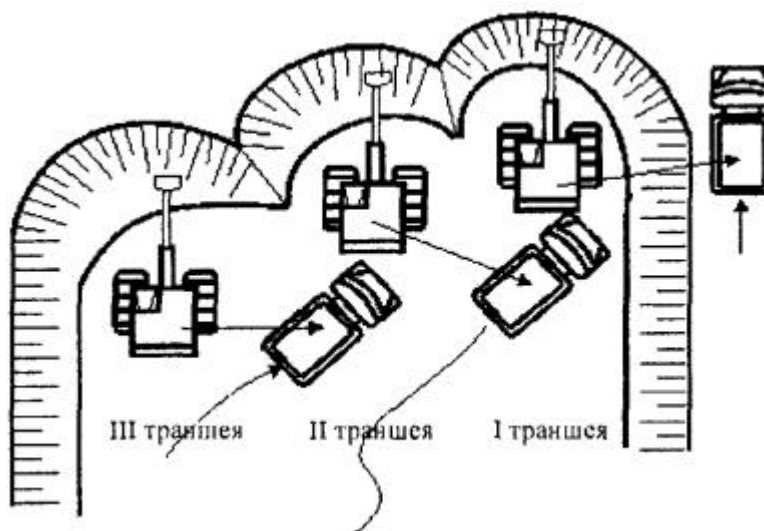


Рис. 3.20. Схема совместной работы экскаваторов и самосвалов при разработке сосредоточенного грунтового карьера

Необходимо эффективно организовать совместную работу экскаватора и самосвалов (рис. 3.21).

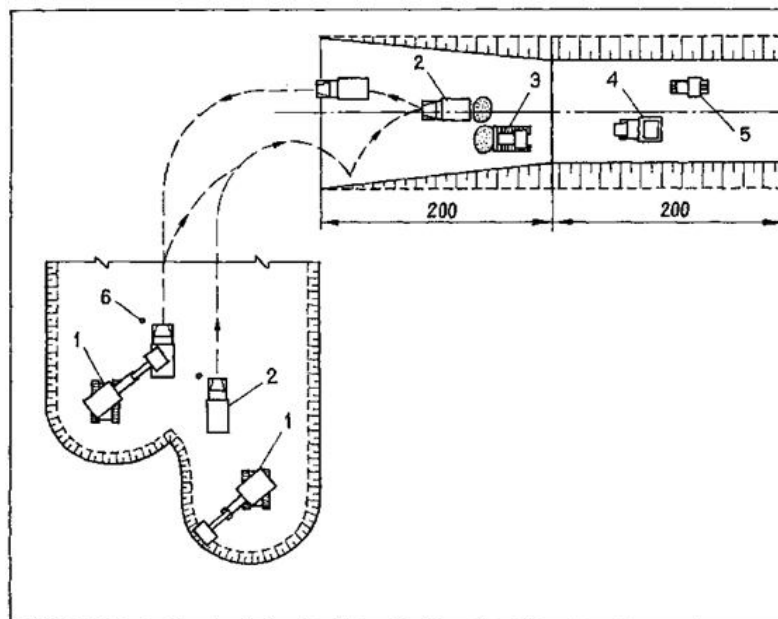


Рис. 3.21. Схема загрузки и транспортировки грунта самосвалами при отсыпке насыпи: 1 – экскаваторы в карьере; 2–6 – самосвалы

Разработку грунта экскаваторами, оборудованными обратной лопатой, производят при их стоянке по верху разрабатываемой площадки (рис. 3.22), с погрузкой его в транспортные средства (автомобили-самосвалы) или в отвал. Обычно первую проходку выполняют **лобовыми проходками**, а остальные – **боковыми**. При боковом забое ширина разработки ограничена радиусом резания, разработка грунта осуществляется поперек гусеничной ленты, т. е. при наименее устойчивом положении экскаватора. При лобовом забое черпание грунта производят при постепенном движении экскаватора задним ходом, разгрузку выполняют в транспортные средства, которые подаются к экскаватору сбоку по естественной поверхности земли. При лобовом забое экскаватор опускает стрелу с рукоятью в самое нижнее положение между гусеницами, поэтому глубина разработки узких траншей больше, чем широких. Ширину проходки назначают в зависимости от наибольшего радиуса копания и глубины забоя; при разработке грунта с погрузкой в транспорт ее принимают в размере $B = (1,2 \dots 1,3) R_k$, а при отсыпке в отвал $B = (0,5 \dots 0,8) R_k$.

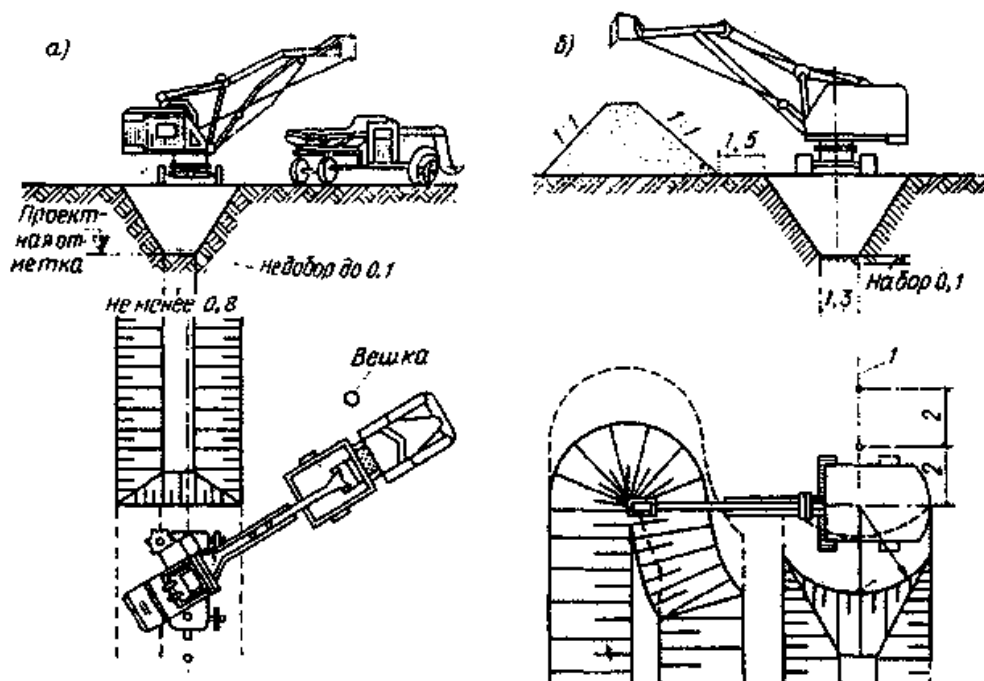


Рис. 3.22. Схема проходки экскаватором, оборудованным обратной лопатой: а – лобовая проходка с погрузкой грунта в автотранспорт; б – то же в отвал

Экскаваторами с прямой лопатой (рис. 3.23) разрабатывают грунт, расположенный выше уровня стоянки экскаватора.

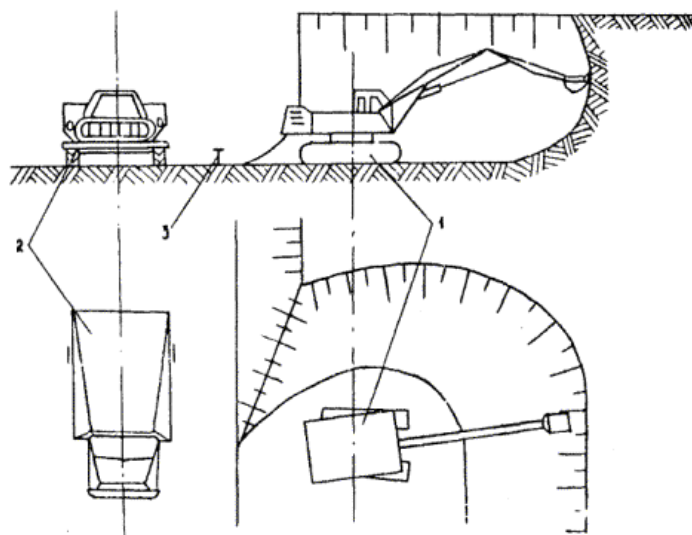


Рис. 3.23. Разработка грунта в карьере одноковшовым экскаватором с прямой лопатой: 1 – экскаватор; 2 – автосамосвал; 3 – вешка

При этом следует учесть, что их использование оправдано при глубоком заложении грунтовых вод и больших объемах работ, когда

по дну грунтового резерва возможно проложить транспортные пути для обеспечения безопасного движения автомобилей-самосвалов в прямом и обратном направлениях. Грунт также разрабатывают лобовыми и боковыми проходками.

Более эффективным является разработка грунта боковым забоем, когда заполнение ковша грунтом осуществляется преимущественно с одной стороны движения экскаватора и частично впереди себя. По этой схеме транспорт подается под загрузку сбоку выработки, чем достигается значительное уменьшение угла поворота стрелы экскаватора (в пределах $70...90^\circ$) при погрузке грунта в транспортные средства.

В боковых забоях транспортные пути проходят параллельно оси перемещения экскаватора и, как правило, на уровне его стоянки. При разработке грунта прямой лопатой без применения взрывных работ наибольшую высоту забоя принимают равной максимальной высоте копания.

Разработку грунта экскаватором-драглайном осуществляют ниже уровня стоянки экскаватора лбовыми или боковыми проходками в отвал или в транспортные средства (рис. 3.24). Преимуществом драглайна являются большие радиус действия и глубина копания. Поэтому его можно использовать на выемке грунта с выгрузкой в отвал или непосредственно в насыпь, а также в транспортные средства.

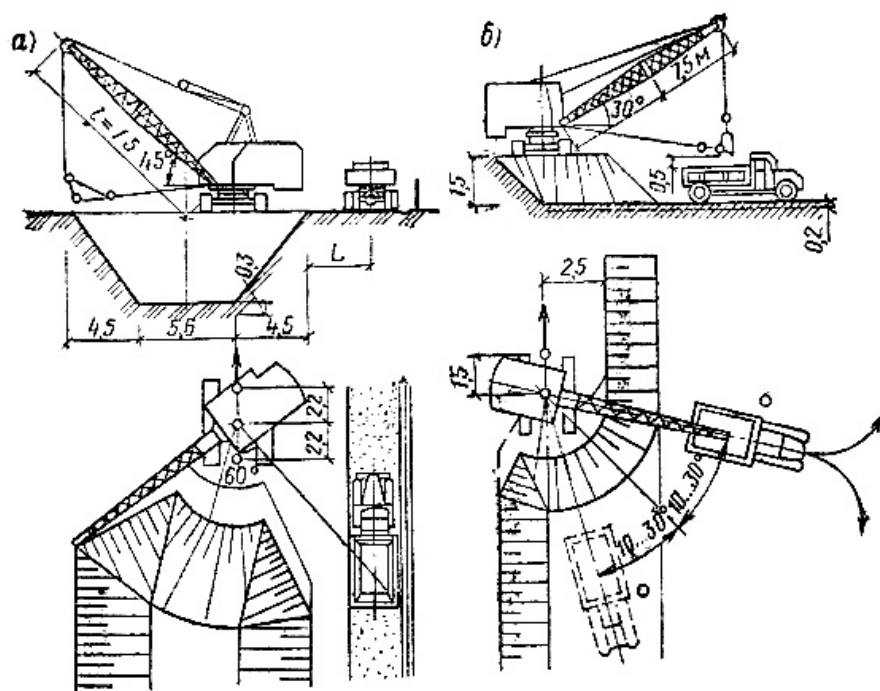
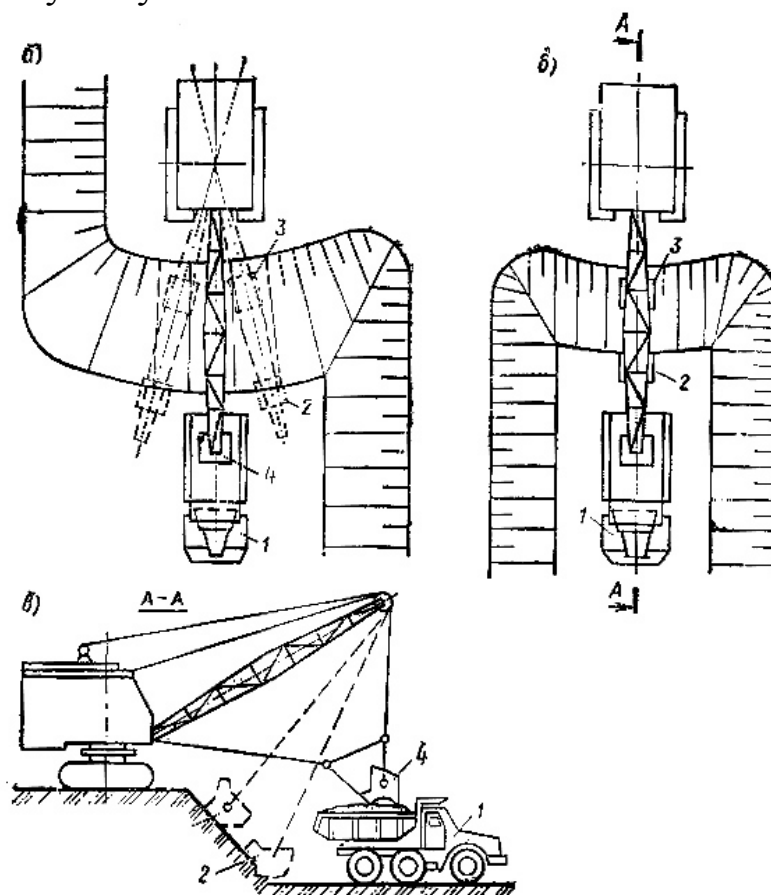


Рис. 3.24. Схемы работы драглайна:
а – лобовая проходка; б – боковая проходка

При продольно-челночном способе (рис. 3.25) грунт набирают перед задней стенкой кузова самосвала и, подняв ковш, разгружают его над кузовом. В этом случае поворотные движения экскаватора практически отсутствуют.



a – поперечно-челночная; *b*, *в* – продольно-челночная; *l* – самосвал;
2 – опускание ковша и набор грунта; 3 – окончание набора
и подъем ковша; 4 – разгрузка ковша

90

Ковш экскаватора выводят из забоя немедленно после его заполнения. При этом во избежание высыпания грунта из ковша во время поворота экскаватора к месту выгрузки передняя (режущая) часть ковша должна быть несколько выше задней. Поворот экскаватора совмещают с подъемом ковша на высоту разгрузки, поворот от места разгрузки к забою – с опусканием ковша до уровня врезания его в грунт.

В связи с тем, что по конструктивным условиям ковш драглайна имеет ограниченные возможности врезания в грунт, следует обращать особое внимание на качество подготовки забоя взрывным и механическим способами.

Наибольшая и рекомендуемая ширина лобовой проходки при работе драглайна зависит от длины и угла наклона стрелы, величины передвижки и угла поворота. Наибольшая производительность драглайна достигается при средних углах поворота в забое $70 - 90^\circ$. Поэтому рекомендуемая ширина проходки обычно составляет 70...80 % максимальной.

Параметры забоев должны обеспечивать возможность работы ковшом экскаватора принятого типа с наименьшими затратами времени на выполнение рабочего цикла экскавации, состоящего из процессов зарезания и наполнения ковша грунтом, поворота к месту загрузки автотранспорта и обратного поворота ковша к забою.

Для обеспечения указанного требования принимают:

- ширину забоев с таким расчётом, чтобы экскаватор мог работать при средней величине угла поворота не более 70° ;
- глубину (высоту) забоев не меньше длины стружки грунтов, необходимой для заполнения ковша с «шапкой» за один прием черпания;
- длину забоев с учётом возможно меньшего количества вводов и выводов экскаватора в забой и из забоя, сопряженных с потерями производительности машины.

Автомобили-самосвалы, работающие в звене с экскаваторами (рис. 3.26), в зависимости от условий работы могут двигаться по верху разработки или по подошве забоя.



Рис. 3.26. Погрузка грунта в самосвал экскаватором Cat 345D L с обратной лопатой (стоянка сверху). Гусеницы экскаватора выставлены диагонально к фронту работ

Самосвал – грузовой саморазгружающийся автомобиль, прицеп или полуприцеп с кузовом (чаще бункерного типа), механически (как правило, гидравлически) наклоняемым для выгрузки груза или с принудительной разгрузкой (например, шнеком). Выбор грузоподъемности автомобиля-самосвала зависит от вместимости ковша экскаватора и дальности перемещения грунта (рис. 3.27, табл. 3.2).



Рис. 3.27. Автомобиль-самосвал КрАЗ-65055-063

Таблица 3.2

**Рекомендуемая грузоподъемность самосвалов (т)
при работе с одноковшовыми экскаваторами**

Расстояние транспортирования, км	Грузоподъемность самосвалов при вместимости ковша экскаватора, м ³			
	1,0	1,25	1,6	2,5
0,5	7,0	7,0	10,0	-
1,0	10,0	10,0	10,0	12,0
1,5	10,0	10,0	12,0	18,0
2,0	10,0	12,0	18,0	18,0
3,0	12,0	12,0	18,0	27,0
4,0	12,0	18,0	18,0	27,0
5,0	12,0	18,0	18,0	27,0

Движение автосамосвалов при выгрузке грунтов может быть тупиковым (рис. 3.28, а) или кольцевым (рис. 3.28, б). Тупиковую схему применяют при высоте насыпи более 5 м и на подходах к мостам, а также на участках, где движение автосамосвалов за пределами насыпи затруднительно. При этом фронт отсыпки перемещается противоположно движению груженых автомобилей. Отсыпка начинается с дальнего конца насыпи и постепенно приближается к ее началу.

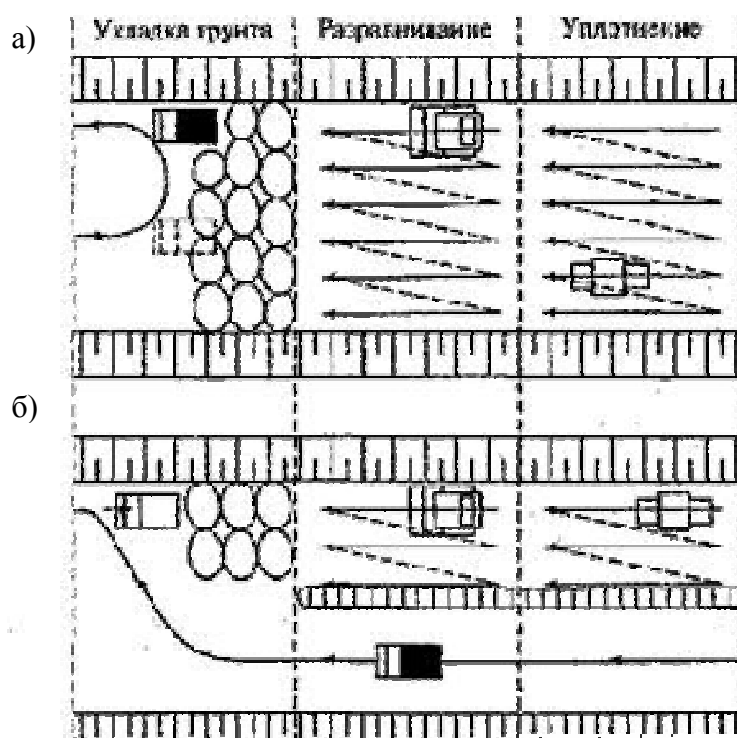


Рис. 3.28. Технология отсыпки насыпи автосамосвалами при тупиковой (а) и кольцевой (б) схемах движения

Перед разгрузкой автосамосвалы разворачиваются и задним ходом подаются под разгрузку. При этом они двигаются по насыпи в двух направлениях. Для разворота самосвалов требуется площадка шириной не менее 11 – 12 м.

Кольцевую схему движения применяют при передвижении транспорта по отсыпанному слою в одном направлении: от карьера с грузом, а обратно – за пределами насыпи. Для этого на насыпи выполняют временный съезд.

Насыпь делят на захватки не только по длине, но и по ширине. Одну половину полосы используют для проезда, причем самосвалы проходят ее насквозь задним ходом на разгрузку, затем следуют вперед до съезда. На второй половине грунт разравнивают бульдозером и уплотняют. После того как слой будет отсыпан, выровнен и уплотнен, ее используют для проезда, а на первой полосе начинают отсыпку. Фронт отсыпки насыпи при кольцевой езде перемещается в направлении движения груженых автомобилей от карьера.

Количество транспортных средств, необходимое для перевозок грунта, определяют расчетом для каждого конкретного случая с учетом фактических условий работы и дальности перемещения грунта в насыпь. При выборе транспортных средств для совместной работы с экскаватором следует руководствоваться следующим:

- емкость кузова транспортного средства должна быть в 4 – 7 раз больше емкости ковша экскаватора;
- фронт погрузки должен быть достаточным для размещения двух транспортных средств;
- состояние подъездных дорог должно обеспечивать высокие скорости движения.

В последнее время для разработки грунта используют **одноковшовые фронтальные погрузчики**, оснащенные землеройными ковшом (рис. 3.29). Они могут использоваться как землеройные машины (в сосредоточенном резерве), так и как землеройно-транспортные (в боковых резервах).



Рис. 3.29. Фронтальный погрузчик
Kramer Allrad 680

Исходя из направления выгрузки материалов, одноковшовые погрузчики делятся на следующие типы:

- с фронтальной разгрузкой;
- с задней разгрузкой;
- с боковой разгрузкой.

Погрузчики, относящиеся к первой группе, ведут зачерпывание с той же стороны, что и выгрузку. С данной точки зрения характеристики и устройство фронтального погрузчика более универсальны, поскольку все другие единицы техники, у которых характеристики и устройство фронтального погрузчика обладают иной спецификой выгрузки, являются более узкопрофильными (рис. 3.30).

Далее деление погрузчиков идет на пневмоколесные и гусеничные. Первые находят применение в несложных и менее трудоемких процессах, вторые – на тяжелых работах. Однако пневмоколесные фронтальные погрузчики все же имеют некоторое превосходство в характеристиках и устройстве перед гусеничными, так как наделены большей маневренностью и мобильностью.

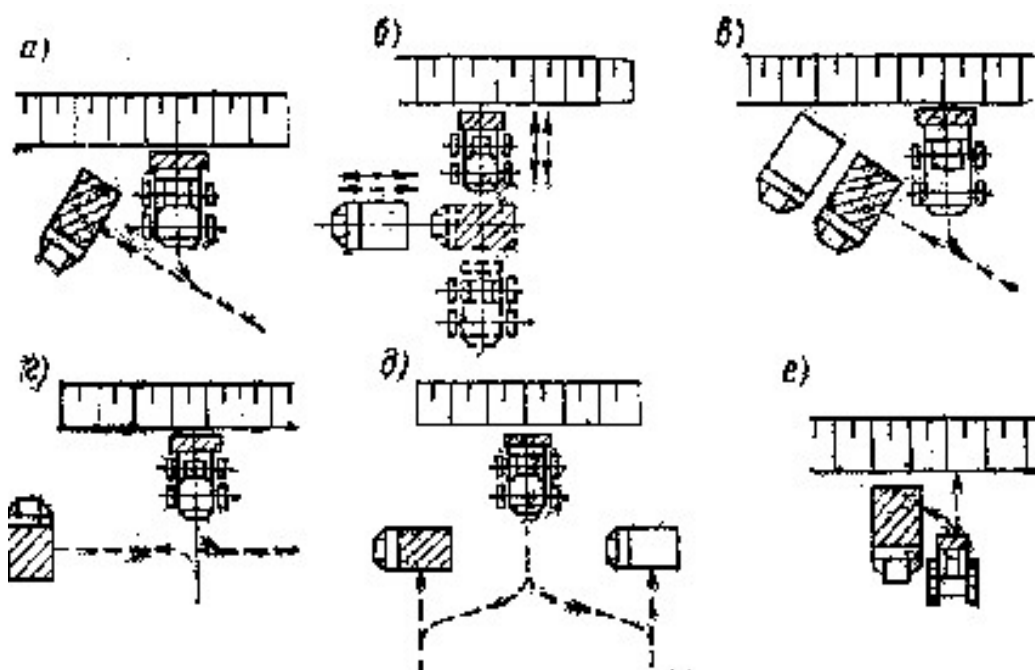


Рис. 3.30. Основные схемы работы погрузчиков в комплекте с автосамосвалами:

- а, в – с поворотом на 40–50°; б – челночным способом;
 г – с поворотом на 90°; д – при спаренной установке транспортных средств;
 е – челночным способом с разгрузкой в сторону

Большинство отечественных (ТО-30, ТО-28, ТО-25А) и ряд зарубежных погрузчиков разгружаются запрокидыванием ковша до максимального положения, поднятием стрелы на необходимую высоту и последующим опорожнением ковша (после подачи к автотранс-

порту). У погрузчиков ТО-21-1А, ТО-18А и др. в процессе подъема стрелы ковш автоматически из максимально запрокинутого положения выходит в положение разгрузки. После ковш автоматически устанавливается в положение копания.

Ковш можно разгружать двумя способами. При первом способе стрелу поднимают на высоту, достаточную для поворота ковша, при втором стрелу поднимают на высоту кузова самосвала так, чтобы зубья ковша находились примерно в центре кузова. Затем ковш поворачивают при незначительном подъеме стрелы. При этом высота разгрузки существенно зависит от угла поворота ковша в момент полного опорожнения.

При втором способе минимально необходимая высота разгрузки меньше на 8 – 10 %, что значительно влияет на эффективность использования погрузчика в стесненных условиях. При этом продолжительность разгрузки увеличивается на 30 – 40 %.

Схема работы зависит от типа погрузчика (рис. 3.31). Для погрузчиков на пневмоходу часто используется схема с частичным разворотом погрузчика на различные углы при отходе от забоя. Загружаемые самосвалы при этом устанавливаются параллельно или под нужным углом к фронту забоя.

При работе гусеничных и мощных пневмоколесных погрузчиков рациональной является челночная схема работы, когда погрузчик перемещается вперед и назад на расстояние 10...20 м перпендикулярно фронту забоя без разворотов. При этом самосвал также совершает челночные движения параллельно фронту забоя на расстояние, достаточное для проезда погрузчика.

Выбор автомобильного транспорта при работе погрузчиков производится в соответствии с рекомендациями табл. 3.3.

Таблица 3.3

**Подбор грузоподъемности автотранспорта в зависимости
от грузоподъемности погрузчика**

Грузоподъемность погрузчика, т	2	3	4...6	10...15
Грузоподъемность транспортных средств, т	7...8	7...11	12...17	27...40

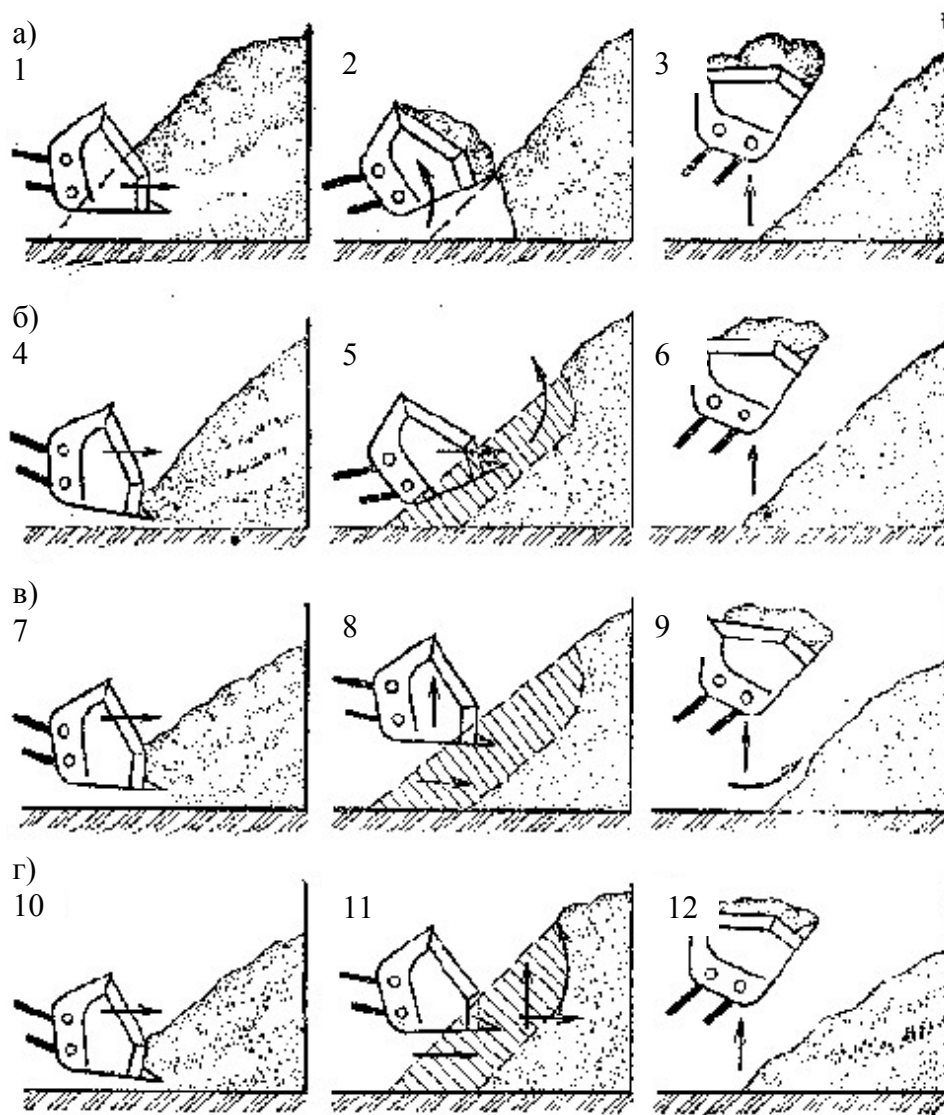


Рис. 3.31. Основные схемы разработки грунта погрузчиками:
 а – раздельная; б – совмещенная; в – экскавационная; г – комбинированная;
 1, 4, 7, 10 – внедрение ковша; 2 – запрокидывание и поворот ковша;
 3, 6, 12 – подъем стрелы для установки ковша в транспортное положение;
 5, 8 – поворот ковша с одновременным продвижением вперед;
 9 – подъем ковша и подъем (опускание) стрелы для установки ковша в транспортное положение; 11 – попеременный поворот ковша и подъем стрелы с одновременным движением вперед

При отсыпке насыпей из боковых резервов можно использовать **бульдозеры**, при этом возможно перемещать грунт, двигаясь в продольном направлении, так же как при работе автогрейдера, или в поперечном направлении.

Бульдозеры успешно применяются:

- для разработки неглубоких выемок (до 2 м) с перемещением грунта в отвал или непосредственно в насыпи высотой до 1,5 м;
- для грубой планировки площадок, откосов выемок и насыпей; обратной засыпки траншей и пазух котлованов;
- для окучивания разработанного грунта в зоне работы погрузчиков;
- в качестве дополнительного тягача или толкача при копании грунта скреперами (рис. 3.32, 3.33).



Рис. 3.32. Бульдозер «Четра-Т9М»

При схеме с поперечным перемещением грунта бульдозером выделяют следующие операции, составляющие рабочий цикл бульдозера: резание грунта, перемещение грунта, укладка грунта, возвращение назад или холостой ход. От продолжительности этих операций зависит производительность бульдозера.

Начинается рабочий цикл в момент первого движения машины (рис. 3.34). Потом следует рабочий ход, в процессе которого отвал срезает грунт в начале траншеи до образования призмы волочения и транспортирует ее к месту выгрузки на кавальер. При перемещении материала машинист продолжает набирать грунт в призму, так как неизбежны утечки его в боковые валики. После этого машина останавливается для разгрузки и подъема отвала на 200...300 мм над поверхностью дна траншеи и включения задней передачи.

Холостой ход бульдозера выполняют задним ходом. Последняя операция цикла – остановка машины для включения передней передачи и опускания отвала.

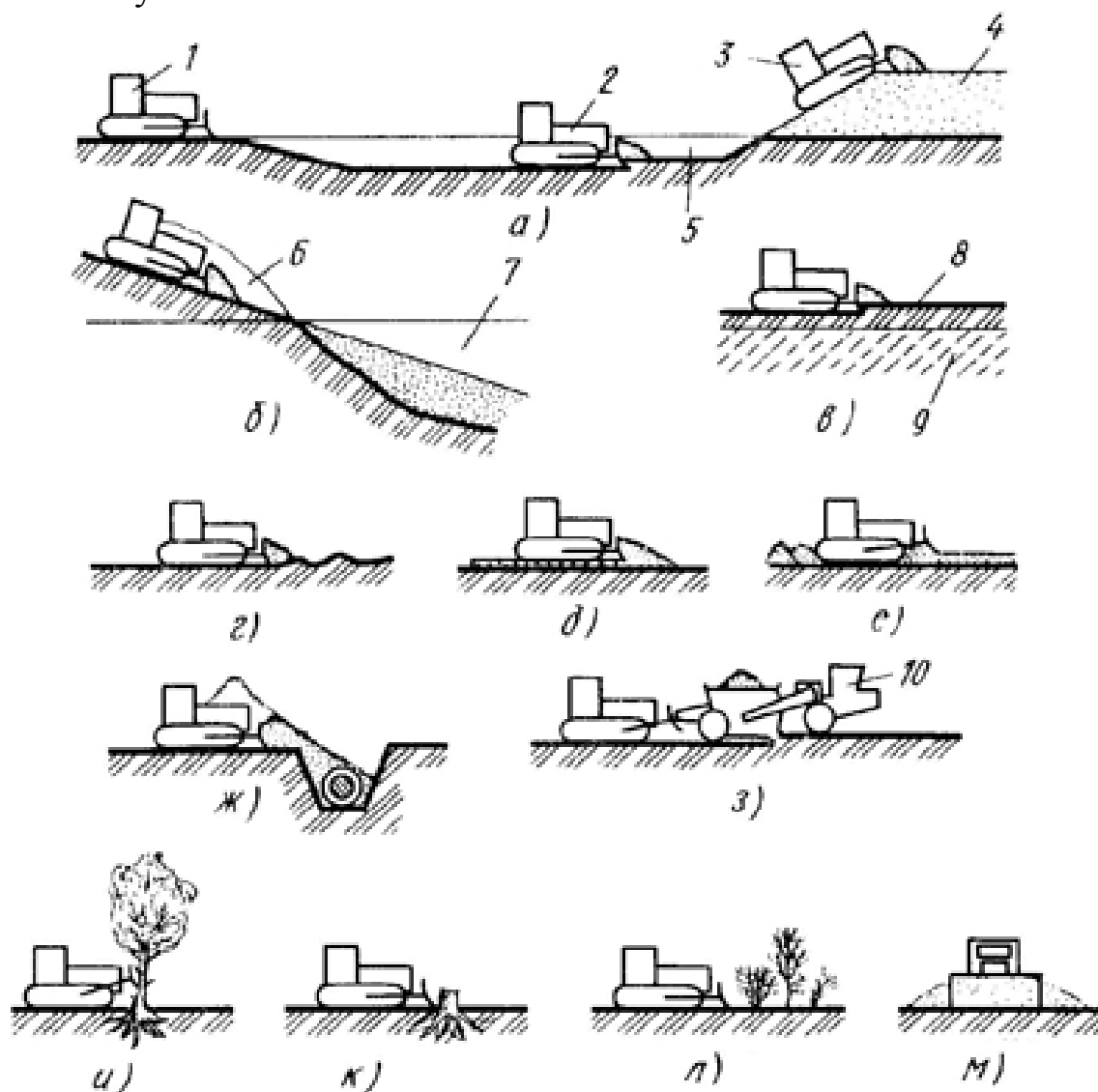


Рис. 3.33. Основные виды работ, выполняемые бульдозерами: *а* – разработка котлованов, траншей, каналов с отсыпкой грунта в кавальеры, насыпи; *б* – срезка косогоров и засыпка выемок; *в* – снятие плодородного слоя; *г* – планировка передним ходом; *д* – разравнивание грунта; *е* – планировка при заднем ходе; *ж* – засыпка траншей; *з* – толкание скрепера при наполнении ковша грунтом; *и* – валка деревьев; *к* – корчевка пней; *л* – срезка кустарников и мелкоколесья; *м* – снегоочистительные работы; *1* – исходное положение бульдозера; *2* – резание и транспортирование грунта; *3* – бульдозер на насыпи; *4* – насыпь или кавальер; *5* – траншея; *6* – косогор; *7* – выемка; *8* – плодородный слой; *9* – основной грунт; *10* – скрепер

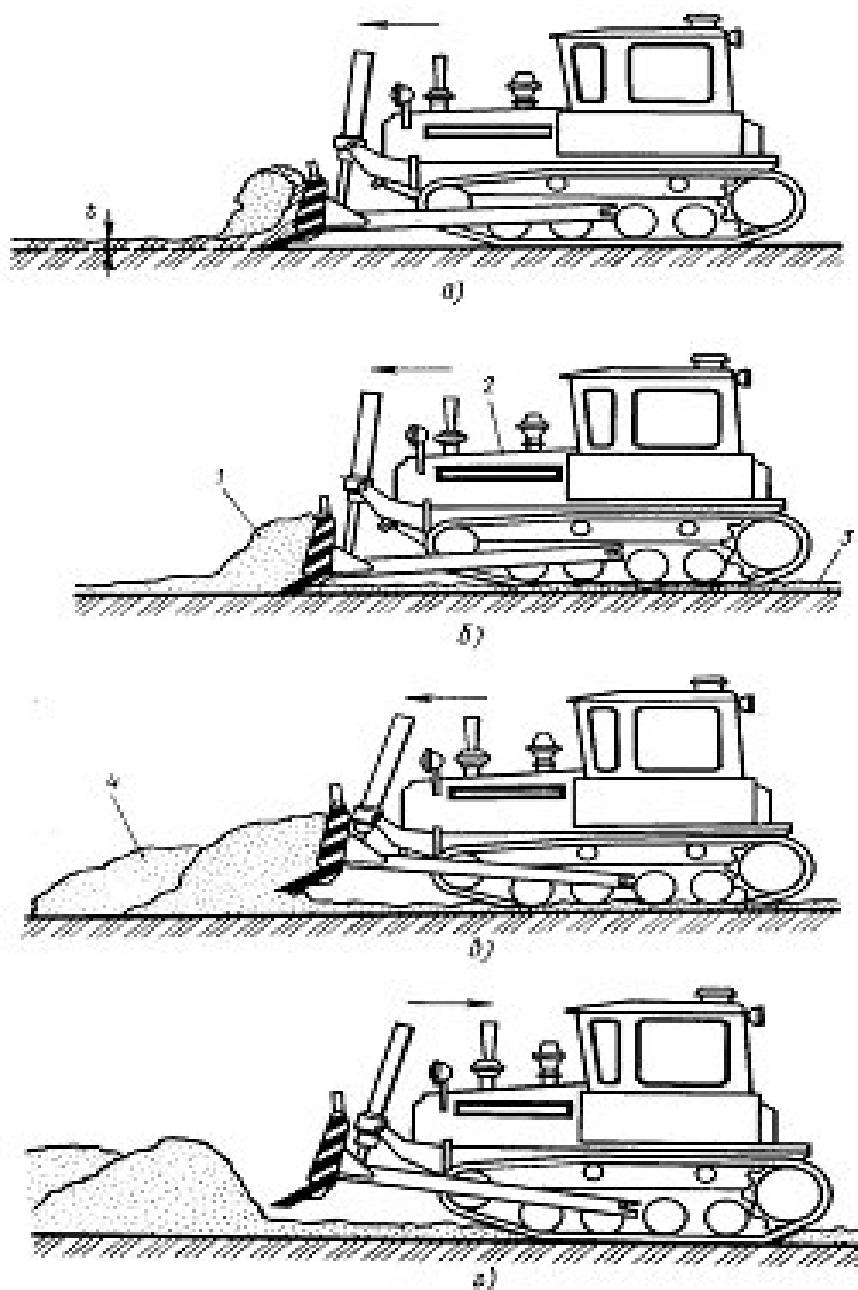


Рис. 3.34. Рабочие циклы работы бульдозера при разработке и перемещении грунта: *а* – резание грунта; *б* – транспортирование с подрезанием грунта; *в* – отсыпка грунта; *г* – обратный (холостой) ход; *1* – призма грунта; *2* – бульдозер; *3* – боковой валик;

В зависимости от прочности грунта и условий работы применяют резание: прямой стружкой постоянного сечения при легких грунтах, клиновой стружкой при более плотных грунтах и гребенчатой стружкой при тяжелых грунтах (рис. 3.35).

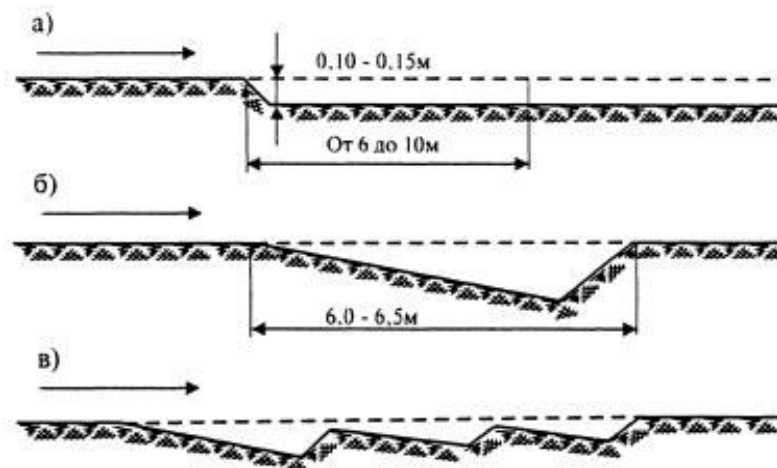


Рис. 3.35. Схемы резания грунта бульдозером: *а* – прямоугольная; *б* – клиновая; *в* – гребенчатая (стрелкой показано движение бульдозера)

При поперечном перемещении грунта обычно используют челночную схему движения.

Для повышения производительности бульдозеры работают в траншеях (рис. 3.36), разделенных стенками шириной 0,5 – 0,8 м (траншейный способ).

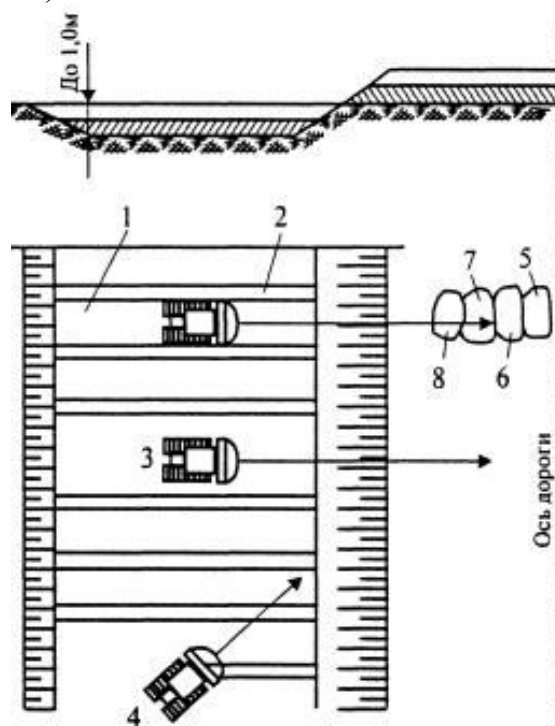


Рис. 3.36. Траншейный способ разработки грунта при отсыпке насыпи: 1 – траншея; 2 – стенки траншеи; 3, 4 – срезка стенок траншеи соответственно поперечными и косыми проходами; 5–8 – объемы перемещаемого грунта

Боковые стенки препятствуют уменьшению объема грунта, перемещаемого перед отвалом бульдозера. Каждую новую траншею начинают после достижения намеченной глубины предыдущей. После разработки грунта в траншее последними проходами бульдозера срезают разделявшие траншею стенки, используя грунт для отсыпки верхнего слоя насыпи. Оборудование бульдозеров боковыми открылками и предварительное рыхление плотных грунтов повышает производительность бульдозера на 10...15 %. Уширители с жестким креплением к отвалу при работе в легких грунтах повышают производительность на 20...30 % и уменьшают потери грунта.

Работы по отсыпке насыпи из боковых резервов выполняют попеременно на двух половинах ее ширины. Отсыпав слой грунта на половину ширины земляного полотна из одного резерва, бульдозер переходит в резерв на другой стороне и досыпает из него слой насыпи на всю ширину земляного полотна по длине захватки.

Обычно боковые резервы размещают с двух сторон, но если местные условия не позволяют это сделать, то ограничиваются резервом с одной стороны. Размеры резервов устанавливают в зависимости от высоты и ширины насыпи. Глубину резерва назначают по условиям водоотвода (но не более 1 – 1,5 м). В пределах одного резерва глубина и ширина его постоянны.

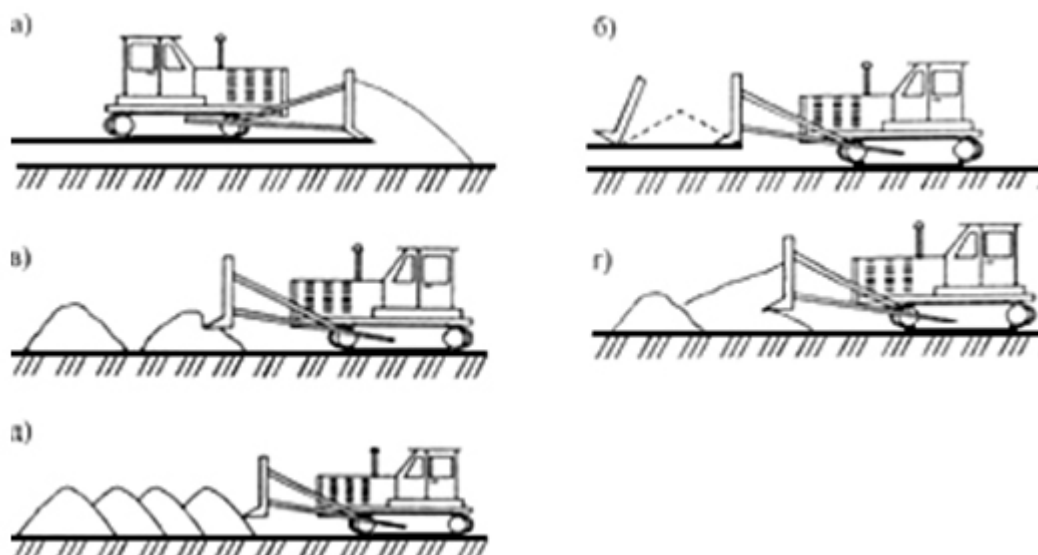


Рис. 3.37. Схема укладки грунта бульдозером: а – «от себя»; б – «на себя»; в – «отдельными кучами»; г – «вполуприжим»; д – «вприжим»

При укладке грунта отдельными кучами высота их равна примерно 0,6...0,7 м, а расстояние между ними такое, что подошвы их откосов касаются друг друга. После разравнивания получается слой толщиной 0,25...0,3 м. При укладке грунта «вполуприжим» (рис. 3.37, з) высота кучи равна 0,7...0,9 м; после их разравнивания получается слой толщиной 0,4...0,6 м.

При укладке грунта «вприжим» (рис. 3.37, д) высота куч достигает 1,0...1,2 м; после их разравнивания получается слой толщиной до 0,6...0,8 м.

3.5. Разравнивание грунта

Разравнивание грунта и планировку поверхности слоев производят бульдозерами или автогрейдером (рис. 3.38).



Рис. 3.38. Автогрейдер ДЗ-122 выполняет операцию по разравниванию грунта

Послойное разравнивание грунта и планировку поверхности выполняют после отсыпки каждого слоя на всю ширину земляного полотна на длине захватки. Поверхности слоя насыпи придают поперечный уклон 20...40 % от оси к бровкам земляного полотна. При захватке более 500 м поверхность земляного полотна разравнивается продольными круговыми проходами вдоль насыпи, начиная от краев

к середине. Отвал автогрейдера устанавливают с углом захвата $60 - 90^\circ$ и углом резания до 50° . Угол наклона отвала выдерживают в соответствии с заданным профилем полотна дороги. След предыдущих проходов отвала перекрывают не менее чем на $0,3$ м.

При захватках $100 - 150$ м целесообразно разравнивать грунт автогрейдером по челночной схеме с разворотом отвала на 180° , т.е. с использованием заднего хода машины в качестве рабочего.

При захватках менее 100 м рационально работать по челночному способу без поворота автогрейдера, но с холостым возвратом машины задним ходом без разворотов в исходное положение. Для уменьшения потерь времени включают максимально возможную скорость заднего хода.

При послойном разравнивании грунта бульдозерами используют следующую схему работы (рис. 3.39).

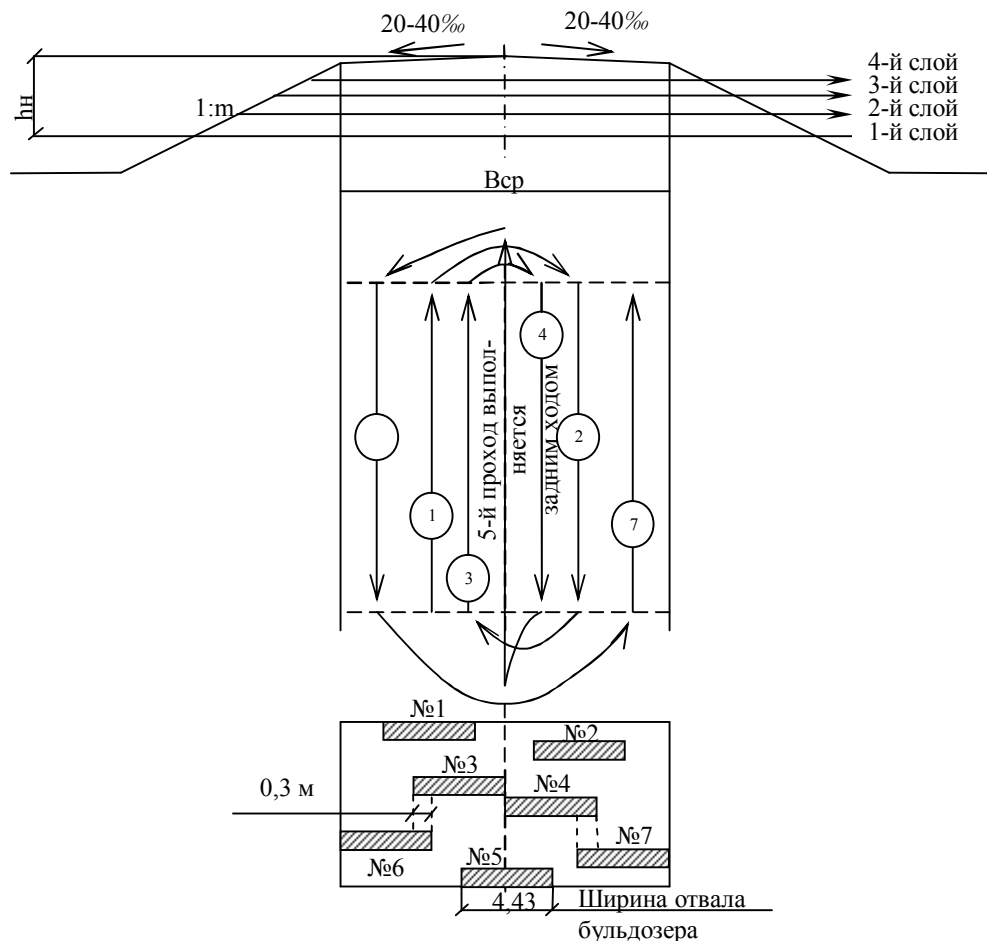


Рис. 3.39. Схема работы бульдозера при послойном разравнивании грунта в насыпи

3.6. Доувлажнение грунта

При значениях естественной влажности грунта ниже допустимых пределов необходимо рассчитать потребное количество воды на захватку и выполнить операцию доувлажнения грунта. Слой грунта увлажняют проходами поливочных машин (рис. 3.40) после операции по его разравниванию.



Рис. 3.40. Машина поливочная КО-829Б

Движение машин выполняется как по всей ширине земляного полотна (розлив воды идет через сопла), так и с обочины (розлив воды происходит по шлангам). После увлажнения грунта необходимо дать время на равномерное распределение влаги по толщине слоя: для несвязных грунтов – не менее 2 ч, для связных грунтов – не менее 4 – 8 ч. После равномерного распределения воды по толщине слоя необходимо сразу же приступить к процессу уплотнения грунта.

3.7. Уплотнение грунта

Принципиальный подход к достижению требуемой плотности грунта состоит в том, чтобы в результате уплотнения плотность стала такой, при которой не будет происходить дальнейшего накопления остаточных деформаций земляного полотна от действующих повторных расчетных нагрузок и изменений влажности грунта.

Увеличение плотности грунта до требуемых значений обеспечивает стабильность основных параметров прочности грунта, делает их

мало изменяющимися под влиянием сезонных колебаний температуры и влажности.

Грунт представляет собой трехфазную систему, состоящую из твердых минеральных частиц (твердая фаза), воды (жидкая фаза) и газообразных включений (воздуха).

Уплотнение грунта есть процесс его необратимого деформирования путем внешнего силового воздействия, в результате которого первоначальный объем грунта в насыпи уменьшается, а плотность его повышается.

Уплотнение грунта в сооружаемой конструкции земляного полотна при строительстве автомобильных дорог является одной из наиболее ответственных технологических операций.

Качество уплотнения грунта в насыпи или рабочем слое выемки определяет устойчивость земляного полотна, что в конечном итоге обеспечивает надежность, прочность и долговечность всей дорожной конструкции в целом. Под устойчивостью земляного полотна понимают способность сооружения сопротивляться внешним и внутренним усилиям без разрушения, сохранять первоначальную форму и положение в пространстве, а также равновесие в напряженном состоянии.

Для достижения высокого качества работ по уплотнению грунтов необходимо соблюдать следующие правила:

- грунт в насыпь укладывают послойно, толщина слоя зависит от типа используемого уплотняющего средства;
- в каждом технологическом слое грунт должен иметь однородный состав и одинаковую влажность;
- грунт оптимальной влажности в каждом технологическом слое следует уплотнять сразу после процессов его отсыпки и разравнивания;
- при уплотнении грунта насыпи первые проходы катка выполняются с перекрытием следа на $1/3$ ширины вальца. При выполнении следующих проходов катка допускается перекрытие предыдущего следа на 20–30 см;
- работы по отсыпке и уплотнению грунтов прекращают в случае выпадения интенсивных осадков.

В случае грунтов с естественной влажностью, превышающей допустимые пределы отклонений, следует предусмотреть просушивание грунта. При использовании метода естественного просушивания грунта время его просушивания в слое ориентировочно составляет

(при температуре воздуха 15 – 20° С, скорости ветра 2 – 5 м/с и влажности воздуха 60 – 70 %):

- пески и супеси легкие – 2 ч;
- супеси пылеватые, суглинки легкие – 3 ч;
- супеси тяжёлые пылеватые, суглинки лёгкие пылеватые, суглинки тяжёлые, глины песчанистые – 5 ч;
- суглинки тяжёлые пылеватые, глины пылеватые – 7 ч.

При этом толщина слоя в рыхлом состоянии составляет:

- для песков, супесей лёгких – 35 см;
- для супесей пылеватых, суглинков лёгких – 30 см;
- для супесей тяжёлых пылеватых, суглинков лёгких пылеватых, суглинков тяжёлых, глин песчанистых – 23 см.

При ежедневном перепахивании слоя грунта рыхлителем или плугом время просушивания сокращается в 1,5 раза. При выпадении осадков время просушивания соответственно увеличивается.

На завершающей стадии уплотнения грунтов в их структуре создается плотная упаковка грунтовых частиц с новой, более прочной, чем раньше, структурой. При этом в трехфазной системе грунта отжатие воды происходит медленно и не играет заметной роли в уплотнении из-за малого времени воздействия нагрузок при уплотнении машинами. Поэтому в процессе уплотнения при фактической влажности происходит главным образом удаление воздуха. Создаются дополнительно более прочные связи в точках контакта грунтовых зерен.

К числу основных технологических мер, обеспечивающих устойчивость земляного полотна, относится послойное и равномерное уплотнение грунта насыпи уплотняющими машинами и механизмами. Одной из важных задач уплотнения является выбор уплотняющих средств и схемы их работы (табл. 3.4).

Важнейшим фактором, обеспечивающим высокую эффективность уплотнения, является время воздействия уплотнителя на грунт. Чем короче уплотняющее воздействие, тем выше сопротивление грунта уплотнению, и наоборот, чем дольше воздействие уплотняющей нагрузки, тем меньше сопротивление грунта уплотнению, а следовательно, выше эффект уплотнения.

Уплотнение грунта насыпи катками статического действия выполняется слоями толщиной 0,30 – 0,50 м. В случае использования тяжелых виброкатков или трамбующих машин толщина слоя составляет 0,50 – 0,80 м. Поперечный профиль насыпи после разравнивания должен иметь поперечные уклоны для обеспечения водоотвода.

Таблица 3.4

Машины для послойного уплотнения земляного полотна

Виды уплотняющей машины	Толщина слоя грунта, см					
	песка	супеси легкой	суглинка, глины		крупнообломочного мерзлого (комья)	
	при коэффициенте уплотнения					
	0,95	0,98...1,00	0,95	0,98...1,00	0,95	0,98...1,00
Каток на пневматических шинах массой 20...30 т (ДУ-29, ДУ-39А, ДУ-16В, ДУ-55)	$\frac{14}{40}$	$\frac{18}{30}$	$\frac{16}{35}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{16}{20}$	$\frac{20}{15}$
Каток на пневматических шинах массой 15...16 т (ДУ-37)	$\frac{16}{25}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{22}{15}$	—	—
Каток кулачковый массой 16...20 т решетчатый (ДУ-52, ДУ-57)	$\frac{8}{40}$	$\frac{12}{30}$	$\frac{8}{35}$	$\frac{12}{20}$	$\frac{6}{40}$	$\frac{8}{30}$
То же массой 8 т (ДУ-26)	$\frac{6}{30}$	$\frac{9}{20}$	$\frac{8}{30}$	$\frac{12}{20}$	$\frac{6}{20}$	—
Каток вибрационный массой 4...8 т	$\frac{4}{75}$	$\frac{6}{40}$	—	—	$\frac{4}{60}$	$\frac{6}{40}$
То же 12...16 т	$\frac{6}{100}$	$\frac{8}{60}$	—	—	$\frac{6}{80}$	$\frac{8}{60}$
Трамбовочная плита массой 5,50 т, высота падения 5...7 м	$\frac{3}{100}$	$\frac{6}{120}$	$\frac{3}{120}$	$\frac{6}{90}$	$\frac{4}{120}$	$\frac{8}{90}$
Автомобили - самосвалы массой 10...15 т (КамАЗ, МАЗ и др.)	$\frac{15}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{20}$	—	—	—
Скрепер вместимостью ковша 9...15 м³	$\frac{16}{25}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{18}{20}$	$\frac{22}{20}$	$\frac{20}{20}$	—
То же 7...8 м³	$\frac{16}{25}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{16}{20}$	$\frac{20}{20}$	—	—

Примечания:

1. Над чертой указано количество проходов по одному следу, под чертой — толщина уплотняемого слоя.

2. Показатели приведены для катков с полной загрузкой балластом и нормальным давлением в шинах.

Критерием степени уплотнения грунта является достижение фактической плотности значений требуемой плотности грунта (см. табл. 2.2):

$$K_{упл}^{\phi} = K_{упл}^{тр}, \quad (3.1)$$

где $K_{упл}^{\phi}$ – **фактический коэффициент уплотнения**, отношение фактической плотности сухого (скелета) грунта к стандартной плотности сухого грунта (определяется на строящемся участке),

$$K_{упл}^{\phi} = \rho_d^{\phi} / \rho_d^{\max}. \quad (3.2)$$

Укатку грунта прицепными катками выполняют по эллиптической (кольцевой) схеме. Такую схему принимают на длинных захватках, равных 100 м и более. Для самоходных катков назначают челночную схему движения на коротких захватках (подзахватках) длиной от 25 до 100 м.

Основные схемы уплотнения грунтов представлены на рис. 3.41.

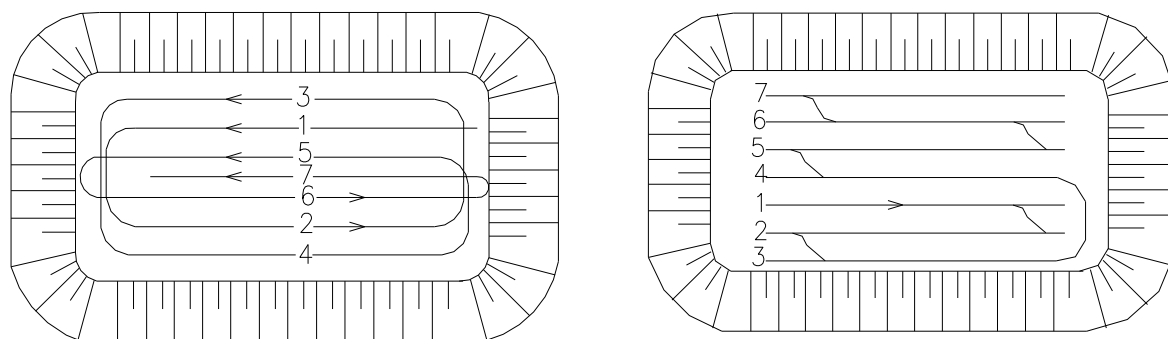


Рис. 3.41. Кольцевая и челночные схемы уплотнения грунта

При использовании **катков на пневматических шинах** первые проходы выполняют при пониженном давлении в шинах (0,2...0,3 МПа), постепенно увеличивая его до расчетного значения к концу процесса укатки (0,5...0,8 МПа). Уменьшение давления в шинах позволяет увеличить площадь контакта катка с грунтом, а следовательно, давление на грунт является минимальным. Увеличение давления в шинах при их автоматической подкачке уменьшает площадь от-

печатка катка, а давление на грунт увеличивается. Имея каток на пневматических шинах неизменной массы, получаем эффект уплотнения грунта двумя катками: легким, выполняющим подкатку, и тяжелым, завершающим процесс уплотнения.

Схема последовательности проходов катка при уплотнении приведена на рис. 3.42.

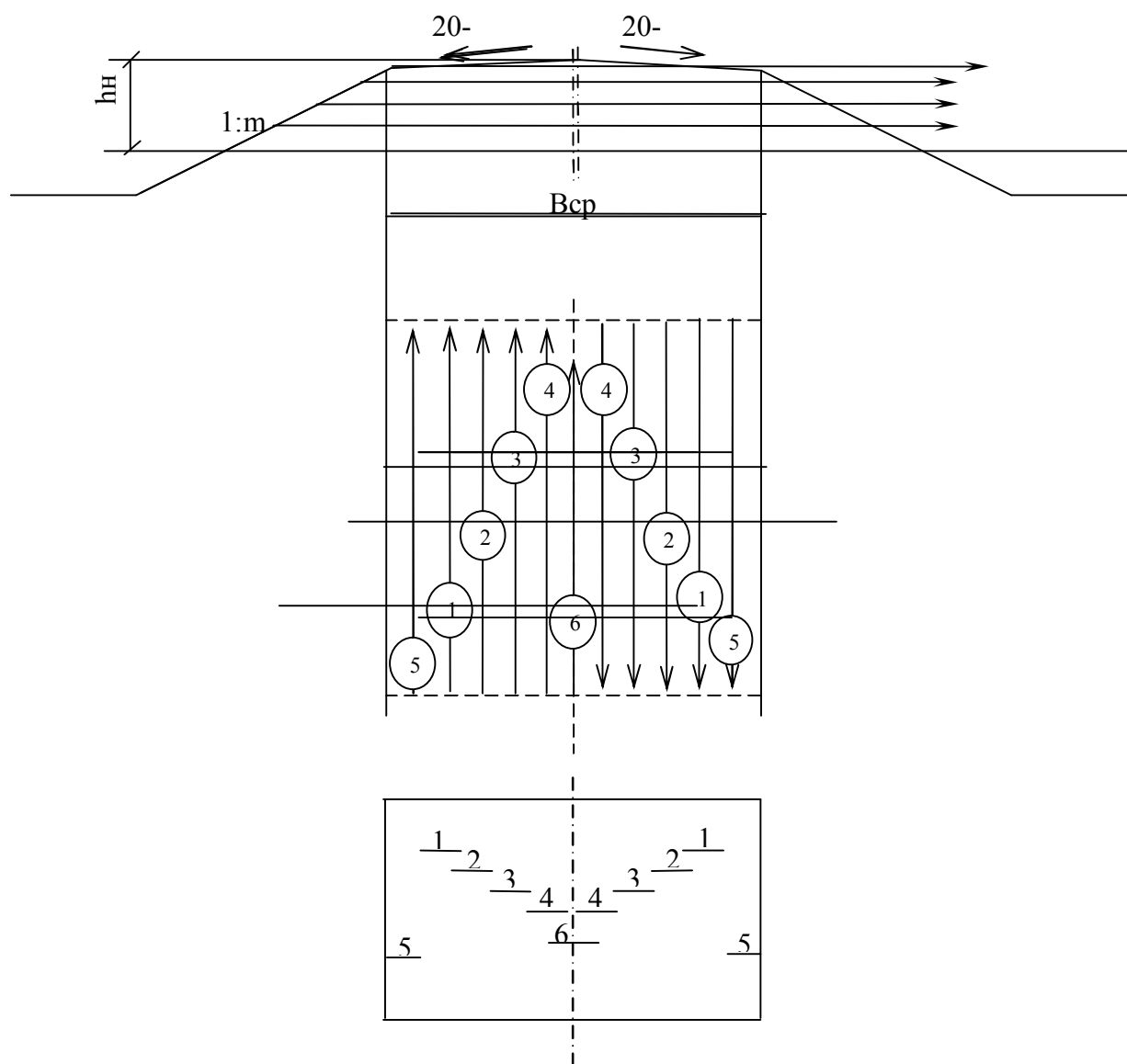


Рис. 3.42. Схема последовательности проходов катка при уплотнении верхнего слоя земляного полотна

Скорость движения на первых и последних 2–3 проходах катка составляет 2,0...2,5 км/ч, на промежуточных 8–10 проходах достигает 4,5 ... 5,0 км/ч.

Тип и масса катка определяется применительно к конкретным условиям (рис. 3.43, 3.44).



Рис. 3.43. Каток самоходный пневмоколесный DYNAPAC



Рис. 3.44. Одновальцовый каток
BOMAG BW 226 DH-4 (вес 25,2 – 27 т)

Самоходные вибрационные катки (рис. 3.45, 3.46) применяют для уплотнения грунта толщиной до 0,8 м и длиной захватки (подзахватки) до 100 м.



Рис. 3.45. Гладковальцовый виброкаток СА 402 фирмы DYNAPAC

Вибрационные машины применяют для уплотнения крупнообломочных, гравийно-песчаных, супесчаных и некоторых разновидностей глинистых грунтов, а также песков. Пески эффективно уплотняются только вибрационными средствами. Виброкатки, работающие с некоторым отрывом от укатываемой поверхности, т.е. в виброударном режиме, способны уплотнять тяжёлые глинистые грунты твёрдой консистенции.



Рис. 3.46. Новое семейство виброкатков фирмы Ingersoll-Rand (модель DD-118HFA)

На степень уплотнения и толщину прорабатываемого виброкатком слоя грунта большое влияние оказывает режим процесса, т.е. рабочая скорость и количество проходов по одному следу. При частотах колебаний вальца от 20 до 35 Гц скорость движения виброкатка не должна превышать 2,0 – 2,5 км/ч.

В таком режиме работы за 4 – 8 проходов по одному следу каток при наибольшей толщине уплотняемого слоя обеспечивает высокую плотность грунта.

При более высоких скоростях (от 4 до 5 км/ч) требуется увеличение количества проходов до 1,5 раз. При этом несколько снижается толщина прорабатываемого слоя, а достигаемая плотность грунта $K_{упл}^{\phi}$ составляет не более 0,95.

Кулачковые катки (рис. 3.47, 3.48) эффективны при уплотнении только связных грунтов. При работе на несвязных грунтах вследствие высоких напряжений возникает интенсивное перемещение грунта из-под кулачков в стороны и вверх.



Рис. 3.47. Кулачковый виброкаток фирмы BOMAG

При работе кулачки врезаются в уплотняемый грунт, расположенный ниже плоскости погружения кулачков, а верхняя часть при этом разрыхляется. Эта верхняя часть слоя (толщиной 4 – 7 см) может быть уплотнена после отсыпки поверх ее нового слоя грунта или же укаткой гладкими вальцами.

Процесс уплотнения грунта кулачковыми катками идет не сверху вниз, как при работе с гладкими вальцами, а снизу вверх. При первом проходе, когда грунт еще рыхлый, кулачки полностью погружаются в грунт и в результате в контакт с грунтом входит также и валец катка. Под каждым кулачком образуются уплотненные ядра, которые при правильном выборе толщины уплотняемого слоя упираются в его основание. Пластическое течение грунта из-под кулачков в стороны способствует уплотнению масс грунта, которые расположены между кулачками. Эти массы грунта продолжают уплотняться при каждом последующем проходе катка. В результате при каждом новом проходе глубина погружения кулачков в грунт снижается и каток опирается на грунт только через поверхность кулачков, достигая таким образом больших значений удельного давления на грунт.



Рис. 3.48. Работа кулачкового катка при уплотнении грунтов

Кулачковые катки в зависимости от расчетных контактных давлений (МПа) разделяют на три типа:

- легкие 0,4 – 2;
- средние 2 – 4;
- тяжелые 4 – 10.

Число кулачков на вальце катка должно быть возможно большим, что снизит необходимое число проходов. Вместе с тем большое

их количество увеличивает массу катка и налипание грунта. Поэтому, например, для эффективной работы легких и средних катков (с опорной поверхностью кулачков 20 – 40 см²) необходимо, чтобы на 1 м² поверхности вальца было 20 – 25 кулачков. Располагаются кулачки, как правило, в шахматном порядке.

Наиболее целесообразная скорость движения кулачкового катка 8 км/ч.

В последнее время используются **навесные трамбовочные вибропластины**, которые позволяют эффективно уплотнять грунт (рис. 3.49). Действие встречно вращающихся валов направлено на уплотняемую поверхность строго вертикально. Это позволяет использовать всю уплотнительную мощность и достигать высокого качества уплотнения. Данное навесное оборудование устанавливается на мини-погрузчики, экскаваторы, тракторы, катки.



Рис. 3.49. Навесные трамбовочные вибропластины
SBV 55 H3C

В дорожной отрасли довольно часто встречаются неудобные, стесненные и относительно труднодоступные места для уплотнения грунтов. К таким местам относятся различного рода подземные прокладки труб, коллекторов и кабелей в городских траншеях, водопропускных труб и газопроводных пересечений на загородных дорогах, места сопряжения мостов и путепроводов с дорожной конструкцией, пазухи у колодцев, опор и столбов, откосы насыпей и конусов под мостами и путепроводами.

На выполнении уплотнительных работ в таких местах не могут быть использованы крупные грунтоуплотняющие средства, применяемые при устройстве обычных насыпей, выемок, площадок или оснований. Их габариты и силовое воздействие зачастую не соответствуют размерам этих мест и условиям сохранности ответственных элементов и конструкций в них (трубы, кабели, опоры, плиты, балки и т. п.).

Общие функционально-технологические требования к грунтоуплотняющим средствам для подобных мест можно сформулировать в следующих положениях:

- их габаритные размеры в плане, а иногда и по высоте должны вписываться в размеры мест производства работ;
- метод и средство уплотнения должны соответствовать виду и состоянию используемого грунта;
- толщина уплотняемого слоя выбранного средства должна обеспечивать требуемое качество (нормативный коэффициент уплотнения) в отсыпаемом слое, предусмотренном технологией производства работ;
- производительность уплотняющего средства (она разная у различных типов и моделей) должна соответствовать технологии и графику проекта производства работ (ППР).

При уплотнении грунтов в стесненных местах наиболее широко используются **средства ударного, частотного и вибрационного воздействия** (рис. 3.50). Метод статической укатки применяется редко вследствие отсутствия надлежащего фронта работ и других технологических ограничений.

С этой работой могут успешно справиться **малые виброплиты** (несвязные грунты) или **ручные вибротрамбовки** (связные и несвязные грунты). Используя эти машины или применяя их в различном сочетании, можно обеспечить механизацию уплотнения грунтов в стесненных условиях строительства и требуемую производительность труда.

Вибротрамбовка – ручное специализированное строительное оборудование, предназначенное для подготовки и уплотнения (трамбовки) песчаного или глинистого грунта. Имеет компактные размеры, поэтому часто используется при проведении работ по уплотнению в ограниченном пространстве и труднодоступных местах для более мощной техники.

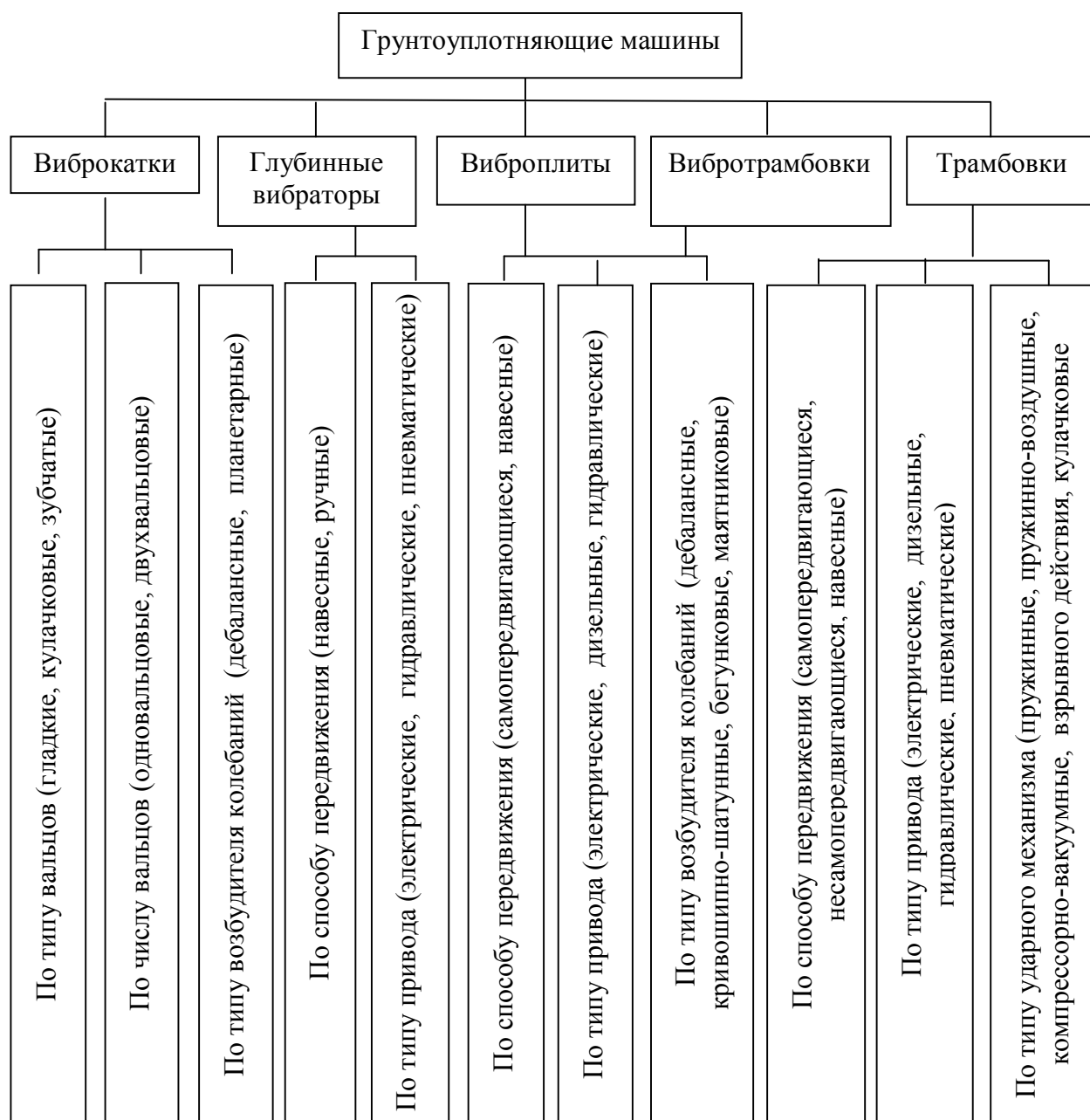


Рис. 3.50. Классификация уплотняющих средств, используемых при уплотнении в стесненных условиях

Ручная вибротрамбовка (рис. 3.51), к примеру, при весе всего 50 – 90 кг, среднем размере стороны ударяющего башмака в плане около 30 см (контактная площадь примерно $800 - 1000 \text{ см}^2$) и высоте подскока (прыжка) до 40 – 60 мм обеспечивает силу удара по уплотняемому грунту, достигающую до $1000 - 2000 \text{ кг/м}^2$, действующую однако очень короткий промежуток времени – около 0,008 – 0,012 с. Развиваемые при этом максимальные динамические давления башма-

ка могут достигать $4 - 6 \text{ кг/см}^2$, что в несколько десятков раз превышает его статическое давление ($0,05 - 0,10 \text{ кг/см}^2$ или $500 - 1000 \text{ кг/м}^2$).

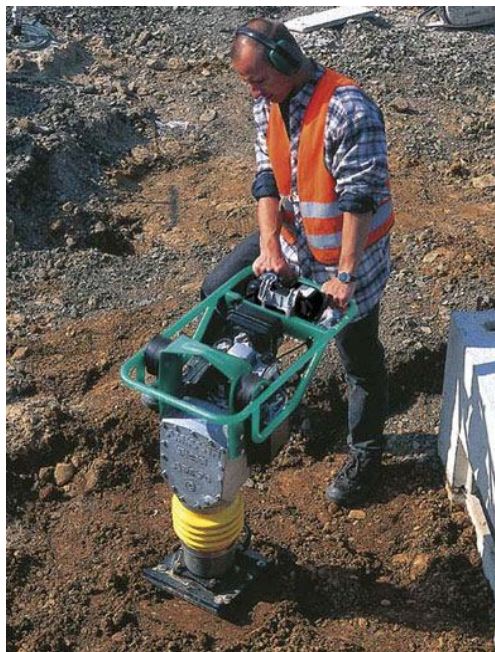


Рис. 3.51. Ручная вибротрамбовка Ammann AVS 68-4 массой 68 кг



Рис. 3.52. Уплотнение грунта откоса виброплитой, переставляемой экскаватором

Трамбующая плита на экскаваторе (вес $2 - 3 \text{ т}$, диаметр подошвы $1,0 - 1,5 \text{ м}$, статическое давление $1000 - 2000 \text{ кг/м}^2$, высота сброса $1 - 2 \text{ м}$, время действия давления $0,020 - 0,060 \text{ с}$) выполняет

требуемое качество уплотнения всего за 6 – 10 установленных практикой ударов по месту.

Виброплиты способны обеспечить оперативное и качественное проведение широкого спектра работ по уплотнению грунта (рис. 3.53).



Рис. 3.53. Виброплиты прямого хода
AMMANN до 100 кг

Оборудование данного типа имеет высокую износостойкость за счет литого основания, выполненного из специального чугуна, и оснащается эффективной системой гашения вибрации, благодаря чему снижается нагрузка на оператора и повышается производительность труда. Каждая виброплита представляет собой мобильную конструкцию, которую можно с легкостью доставить к месту проведения работ без использования спецтранспорта.

Виброплиты используют в зависимости от веса:

- массой 60 – 100 кг. По типу движения являются нереверсивными или одноходовыми. Используются для уплотнения песка, гравия, мелких фракций щебня;

- массой 125 – 780 кг. По типу движения являются реверсивными с возможностью самостоятельного движения как вперед, так и назад. Машины массой 125 – 250 кг эффективны для благоустройства территорий, массой 420 – 780 кг – для мощного уплотнения гравия, щебня и других материалов в котлованах. Силу удара тяжелых виб-

роплит (массой более 400 кг) можно сравнить с давлением на поверхность 10-тонного катка. Виброплиты компактны, удобны и эффективны. В зависимости от массы для их перевозки могут использоваться как легковые автомобили, так и грузовые.

Из всего многообразия малогабаритных грунтоуплотняющих средств для стесненных, неудобных и труднодоступных мест и малообъемных работ сегодня больше всего используются виброплиты легкие и средние, в значительно меньшей степени – вибротрамбовки и виброплиты тяжелые, мало – виброкатки со спаренными вальцами и практически не используются траншейные виброкатки, а также ручные катки (рис. 3.54).



Рис. 3.54. Ручной двухвальцовый каток
BOMAG BW 65 H. Рабочая масса 757 кг

Оптимальная толщина уплотняемого слоя, количество проходов для каждого вида катка или уплотняющего средства определяются перед началом работ методом пробной укатки в карьере или на пионерной (первой) захватке, опытным путем в соответствии с нормативными требованиями по плотности грунта насыпи. Минимально допустимое расстояние от бровки земляного полотна до вальца катка во избежание обрушения откосной части под действием массы катка – 0,5 м. В связи с этим ширину отсыпаемых слоев рекомендуется уве-

личить на 0,5 м с каждой стороны. При выполнении окончательных планировочных работ излишки грунта срезаются.

3.8. Отделочные работы. Планировочные и укрепительные работы

После выполнения основных работ по отсыпке, разравниванию и уплотнению слоев насыпи выполняются отделочные работы, включающие в себя планировочные и укрепительные технологические операции, которые в значительной степени влияют на качество построенного участка земляного полотна и в целом дорожной конструкции.

Сооружение насыпи заканчивают отделкой откосов и планировкой дна резерва. Внутренние и внешние откосы резерва высотой до 1 м планируют автогрейдером с помощью откосника, установленного на отвале (рис. 3.55, 3.56).

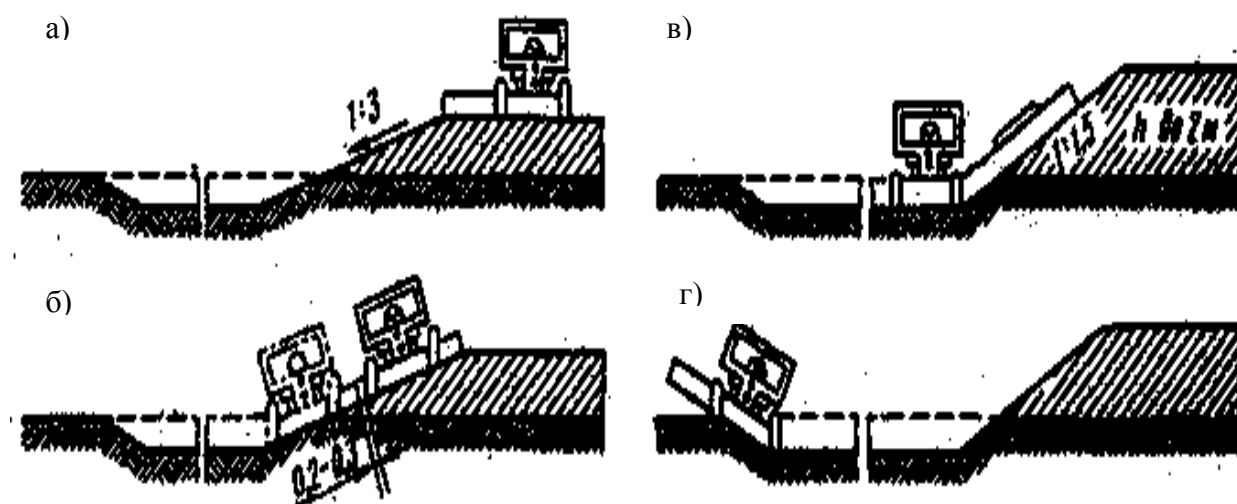


Рис. 3.55. Схема планировки земляного полотна автогрейдером: а – планировка поверхности; б – планировка откосов с коэффициентом заложения 1:3; в – планировка откосов с коэффициентом заложения 1:1,5 и высотой земляного полотна до 2 м; г – планировка внешнего откоса резерва

При этом выполняют один-два продольных прохода машины. Срезаемый грунт разравнивают по дну резерва или перемещают в насыпь. Откосы высотой до 0,6 м планируют отвалом автогрейдера, установленным на необходимый угол наклона. Планировка и отделка внешнего откоса резерва и выемок глубиной 1 – 1,5 м при откосах

25 – 70° обеспечиваются основным отвалом, вынесенным за пределы рамы автогрейдера.

Машины для выполнения этого вида работ принимаются в соответствии с требованиями табл. 3.5.

Таблица 3.5

Машины для планировки и уплотнения грунта откосов

Наименование машины	Высота откоса, м	Крутизна откоса	Производительность, м ² /см	Потребность в машинах на 1000 м ² откоса, маш./смен
Планировка откоса				
Бульдозер с откосником-планировщиком	3,5	1:1,5 (1:2)	7000	0,14
Автогрейдер тяжелого типа с откосником и удлинителем отвала	3,5	1:1,5 (1:2)	5000	0,2
Экскаватор-планировщик типа ЭО-3332	До 12	1:1,5	2400	0,42
Экскаватор-драглайн с ковшом 0,65 м ³	До 10	1:1,5	3200	0,31
Экскаватор-драглайн с планировочной рамой, ковшом	6-10	1:1,5	3200	0,31
Бульдозер класса 10 тс	6-12	1:2 (1:3)	8900-10000	0,1
Уплотнение грунта откосов				
Виброкаток типа ДУ-14, навешенный на стрелу экскаватора типа ЭО-6111Б (ковш 1,25 м ³)	До 6,0	1:1,5 (1:3)	4250-5000	0,2
	До 12,0	1:1,5 (1:2)	5000-5300	0,2

Планировка осуществляется путем срезки неровностей грунта. Досыпка грунта допускается в исключительных случаях с последующим уплотнением. Снятый при планировке откосов насыпи лишний грунт целесообразно использовать в верхнем слое земляного полотна (при его пригодности) или для досыпки обочин.

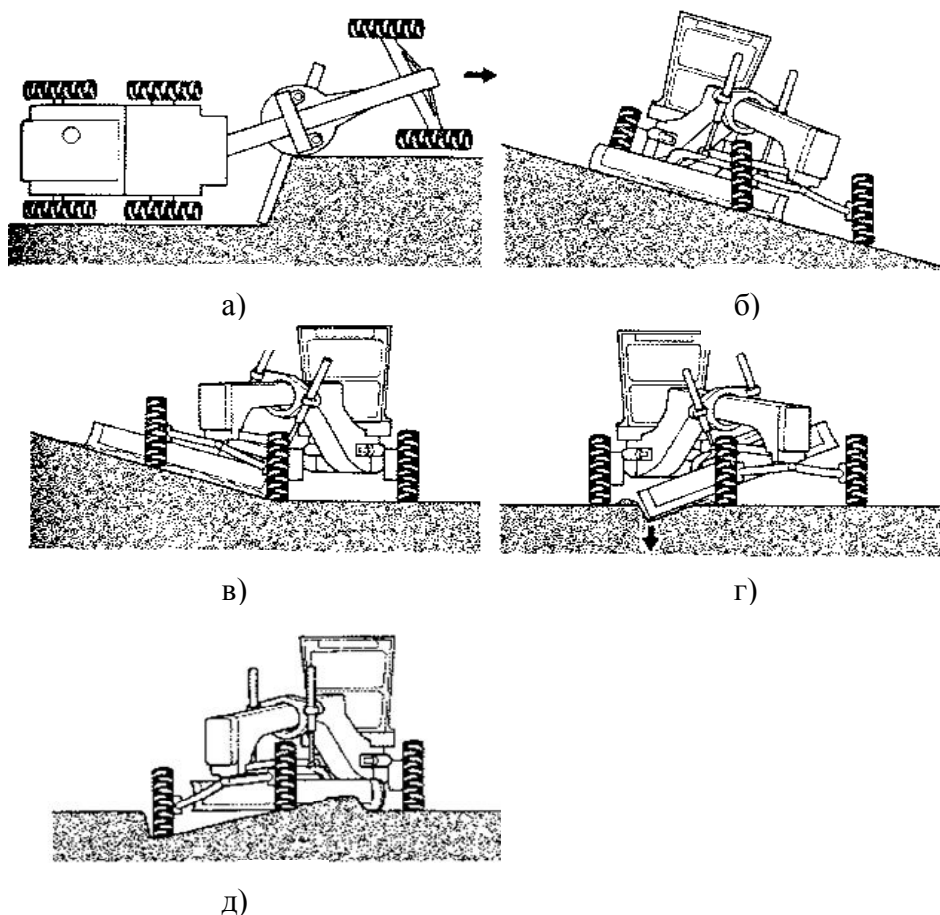


Рис. 3.56. Технологические приемы работы автогрейдера с шарнирно-сочлененной рамой: *а* – отделка поверхности (благодаря сдвигу передних колес все колеса идут по выровненной поверхности); *б* – работа на откосе (сдвиг наклоненных передних колес под уклон повышает устойчивость машины); *в* – профилирование откоса (движение задних колес по горизонтальной поверхности повышает точность профилирования); *г* – копание прочных грунтов (размещение урезающего конца отвала по продольной оси машины уменьшает усилия, разворачивающие машину, и повышает ее силу тяги); *д* – засыпка выемки (перекачивание передних колес по дну выемки предотвращает боковой увод и повышает точность отделки, так как задние колеса двигаются по ровной поверхности)

Наиболее эффективно планировку откосов насыпей высотой до 3,5 м выполнять 2 – 4 проходами тяжелого автогрейдера или бульдозера с откосниками и удлинителями отвала.

Для повышения устойчивости автогрейдеров легкого и среднего типов при выполнении этих работ передние колеса наклоняют в сторону откоса. Откосы земляного полотна с крутизной 1:3, 1:4 планируют автогрейдером за 2 – 3 прохода по одному месту. При первом проходе планируют верхнюю часть откоса, перемещаясь вдоль бров-

ки, при обратном проходе – нижнюю часть откоса. Отвалом перекрывают предыдущий проход на 20 – 30 см. Операции повторяют до окончательной отделки откосов.

На высоких насыпях (высотой более 3 м) используют *экскаваторы-планировщики* (рис. 3.57, 3.58).



Рис. 3.57. Экскаватор-планировщик VOLVO EC 240 BLC

Экскаватор-планировщик – самоходная универсальная машина на пневмоколесном или гусеничном ходу, предназначенная в основном для планировки откосов. Может выполнять широкий круг и других экскаваторных работ: копание грунта, погрузку грунта в транспортные средства, рыхление грунта в зависимости от установленного навесного оборудования. Гусеничные машины применяют чаще на строительстве дорог. Экскаваторы-планировщики на пневмоколесном ходу нашли широкое применение при содержании и ремонте автомобильных дорог. Эти машины разрабатывают грунты I – III категорий и характеризуются малой габаритной высотой, что позволяет эффективно использовать их в стесненных условиях городской застройки, в труднодоступных местах и закрытых помещениях, в частности для разработки грунта под мостами, на участках пересечения подземных коммуникаций, при их ремонте и в аварийных ситуациях.

Экскаваторы с телескопическим рабочим оборудованием широко применяют на рассредоточенных объектах малого объема как уни-

версальные землеройные машины. Наиболее эффективно они используются при планировании наклонных поверхностей каналов, насыпей и выемок земляного полотна, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора.

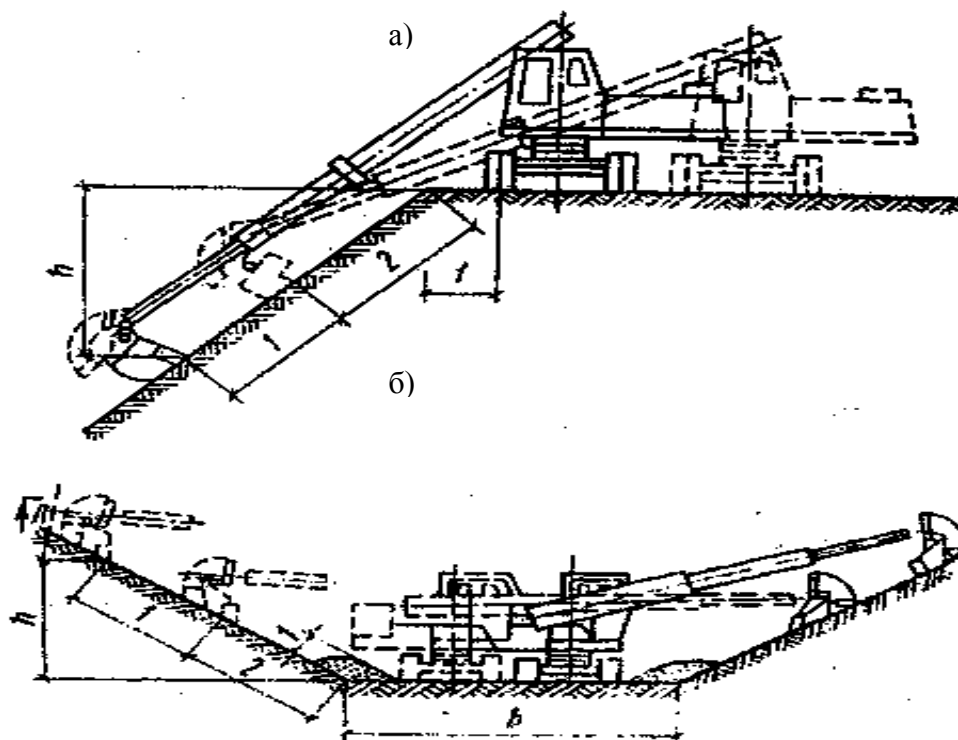


Рис. 3.58. Схема работы экскаватора-планировщика:
 а – планировка откосов выемок и насыпей с верхней стоянки;
 б – планировка откосов выемок и насыпей с нижней стоянки

Выполнение планировочных работ осуществляется следующими движениями стрелы и ковша (рис. 3.59):

- планирование и зачистка наклонных поверхностей, расположенных ниже уровня стоянки машины, втягиванием телескопической стрелы с коррекцией толщины срезаемой стружки небольшим поворотом ковша;
- зачистка и планирование горизонтальных поверхностей на уровне и ниже уровня стоянки экскаватора, совмещением опускания и втягивания стрелы с периодической коррекцией положения ковша.

По окончании планировки необходимо грунт на откосах дополнительно уплотнить. Практика показала, что даже при строгом соблюдении требований к послойному уплотнению грунтов поверхностные слои откосов толщиной до 0,5 м остаются неуплотненными. В связи с этим насыпи, возведенные из песчаных и связных грунтов вы-

сотой до 2 м с пологими откосами, дополнительно уплотняют катками на пневматических колесах.

Откосы насыпей из горных пород целесообразно уплотнять площадочными самопередвигающимися вибраторами массой не менее 500 кг. Откосы насыпей высотой до 10 м уплотняют вибрационным катком массой более 4000 кг, подвешенным к стреле экскаватора-драглайна или специально оборудованному трактору. При большей высоте насыпей откосы уплотняют в процессе их возведения по ярусам. Для доуплотнения откосов земляного полотна могут быть применены катки и трамбовки, смонтированные в качестве навесного или прицепного оборудования к кранам, кранам-экскаваторам, экскаваторам с телескопической стрелой и гусеничным тягачом (рис. 3.60, 3.61).

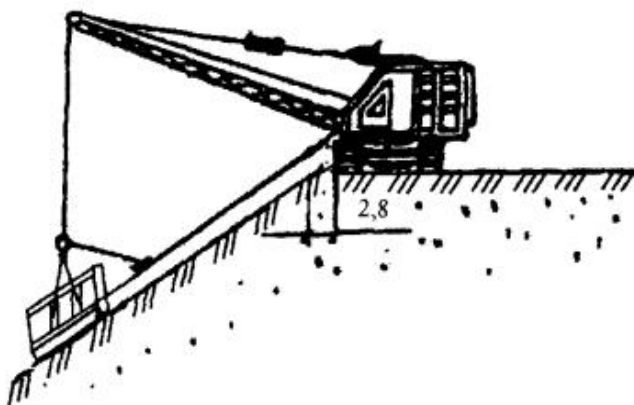


Рис. 3.59. Планировка откосов экскаватором-драглайном



Рис. 3.60. Кулачковый виброкаток 3412 фирмы НАММ
на уплотнении откоса

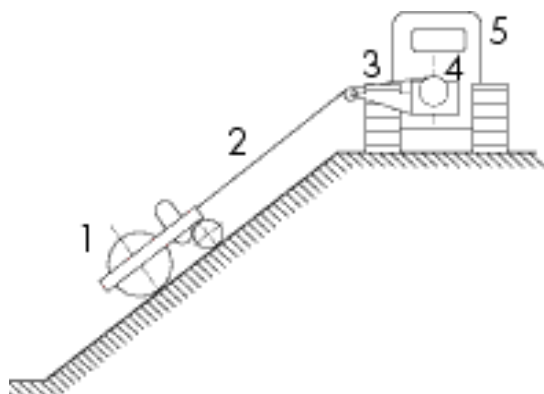


Рис. 3.61. Уплотнение откосов насыпи виброкатком: 1 – виброкаток; 2 – канат; 3 – кронштейн с блоком; 4 – лебедка; 5 – трактор

Укрепительные работы, выполняемые после планировочных, обеспечивают устойчивость и надежность всей конструкции автомобильной дороги. Укреплению подлежат откосы: 1) насыпей, сложенных из мелких и пылеватых песков, лессов и лессовых суглинков, пылеватых суглинков и глин, а также грунты, подверженные воздействию текучей воды и волн; 2) выемок (в том числе мокрых), устраиваемых в супесях, пылеватых и лессовидных суглинках и пылеватых песках; 3) насыпей высотой более 2 м в суглинках, глинах и легковыветривающихся скальных грунтах. Для этого на откосных частях дорожной конструкции устраивается **защитный слой откоса** – конструктивный элемент, обеспечивающий защиту откоса от внешних воздействий (эрозии, воды и т.п.)

Наиболее распространенным и экономичным типом укрепления является создание дернового покрова путем посева трав. Этот вид укрепления часто сочетается с устройством решетчатого укрепления из сборных железобетонных элементов. Такую конструкцию обычно применяют для укрепления откосов глубоких выемок и высоких насыпей. Создание сплошных защитных слоев из сборного или монолитного железобетона применяют обычно на пойменных участках, на подходах к мостам. Откосы насыпей и выемок при глинистых или песчаных грунтах в горных условиях часто укрепляют укладкой на них каменного материала различной толщины или крупным камнем.

Если на откосах не могут произрастать травосмеси, то их нужно прикрыть слоем растительного грунта толщиной 10 см. При жирных глинах, а также однородных мелких песках толщину растительного грунта увеличивают до 15 см. Для лучшего сцепления с растительным грунтом поверхность откосов разрыхляют на глубину 10 – 15 см рыхлителем.

Тип укрепления откосов следует назначать с учетом вида сооружения и его размеров; грунтов, составляющих откос и его основание; климатических, топографических и гидрологических условий; наличия местных материалов для укрепительных работ; заданных сроков строительства и результатов технико-экономических расчетов.

Укрепление откосов созданием дернового покрова может быть осуществлено тремя способами:

- распределением (натяжкой) срезанного растительного слоя или завозом растительного слоя (торфа, торфопесчаной смеси) с другого участка;
- механизированным или гидропосевом трав по слою растительного грунта, уложенного на откосах;
- гидропосевом трав без предварительного создания растительного слоя на откосах.

При первом способе на откос укладывают растительный грунт слоем 10...15 см, а затем производят посев трав.

Транспортировка растительного грунта или торфопесчаной смеси (ТПС) на участок укрепляемых откосов насыпи производится автомобилями-самосвалами. Грунт, как правило, выгружается на откос через каждые 6 м, количество выгружаемого грунта зависит от длины откоса. Ориентировочное количество выгружаемого грунта и расход семян многолетних трав при длине откоса до 6 м приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Ориентировочное количество выгружаемого грунта и расход семян многолетних трав

Длина откоса, м	Объем растительного грунта, необходимый для планировки откоса, м ³	Площадь укрепления откосов посевом многолетних трав с планировкой растительным грунтом 10 см, м ²	Часть кузова, разгружаемого на укрепляемый откос	Расход семян многолетних трав, кг
1	0,816	6	0,1	0,072
2	1,632	12	0,2	0,144
3	2,448	18	0,3	0,216
4	3,264	24	0,4	0,288
5	4,08	30	0,5	0,36
6	4,896	36	0,6	0,432

Примечание. Если длина откоса более 6 м, то объем растительного грунта и расход семян следует увеличивать пропорционально данным таблицы.

После выгрузки растительного грунта на откос его распределяют и производят грубую планировку экскаватором, оборудованным планировочным ковшом. Разравнивание производят с перекрытием 1/3 предыдущего следа. Затем рабочие очищают ТПС от корней и при помощи грабель и лопат окончательно планируют поверхность слоя растительного грунта на откосе, проверяя ровность шаблоном и мерной лентой.

Гидропосев возможно выполнять без создания растительного слоя на откосах. При этом применяют смесь, состоящую из семян трав, минеральных удобрений, мульчирующего материала, пленкообразующего компонента и воды. Мульчирующий (измельченная солома, опилки) и пленкообразующий (битумная эмульсия или латекс) материалы создают на откосе благоприятные условия для роста и развития трав и предохраняют откос от водной и ветровой эрозии.

Состав смеси семян трав подбирают из различных сортов с учетом климатических условий района (табл. 3.7). Посев трав возможен с ранней весны до поздней осени. При засушливой погоде применяют искусственное увлажнение.

Таблица 3.7

Расход компонентов на одну заправку гидросеялки

Вместимость цистерны, м ³	Расход компонентов на одну заправку						Укрепляемая площадь откосов, м ²
	Битум, кг	Латекс, кг	Семена трав, кг	Удобрения, кг	Опилки, кг	Вода, л	
4,1	350	—	28	77	1,6	3000	700
	—	30	30	83	1,65	3700	750
5,15	425	—	34	94	2,2	3600	350
	—	36	36	99	2,25	4500	900

Для гидропосева применяют специальные машины, состоящие из цистерны с лопастной мешалкой, насоса, шлангов и гидромонитора для разбрызгивания смеси по откосу. Смесь распределяют по откосу при движении машины вдоль нижней или верхней части откоса. Как правило, распределение смеси производят за несколько проходов

гидросеялки на одной захватке, чтобы избежать стекания рабочей смеси с откоса.

Посев семян многолетних трав и внесение в грунт смеси минеральных удобрений производится при помощи комбинированных дорожных машин (КДМ). Посев осуществляется дисковым распределителем противогололёдных материалов. Семена и минеральные удобрения должны быть равномерно распределены по всей длине откоса с последующим боронованием глубиной до 0,5 – 1,0 см.

Поливка посева многолетних трав производится поливомоечной машиной через распылительные сопла или при помощи шланга, оборудованного распылителем. При поливке следует следить за равномерностью распределения воды по всей длине откоса и не допускать размыва семян с укрепляемого откоса.

Общая схема комплексной механизации дорожно-строительных работ при возведении земляного полотна представлена на рис. 3.62.

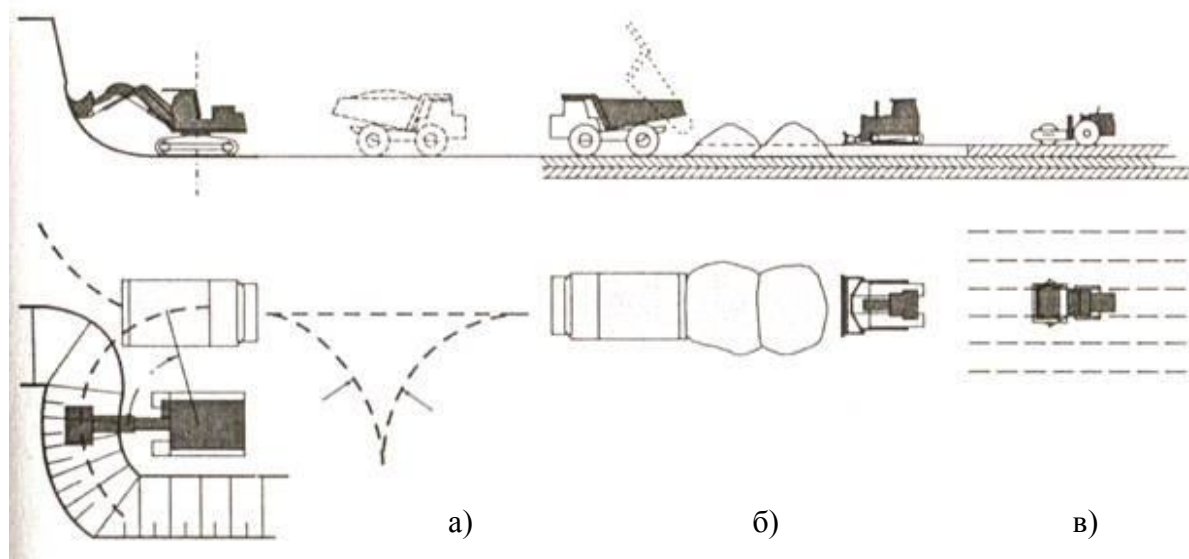


Рис. 3.62. Схема комплексной механизации земляных работ:
а – разработка и транспортирование; б – разгрузка и разравнивание;
в – уплотнение

Классификация видов укрепления откосов по конструктивным признакам приведена на рис. 3.63.

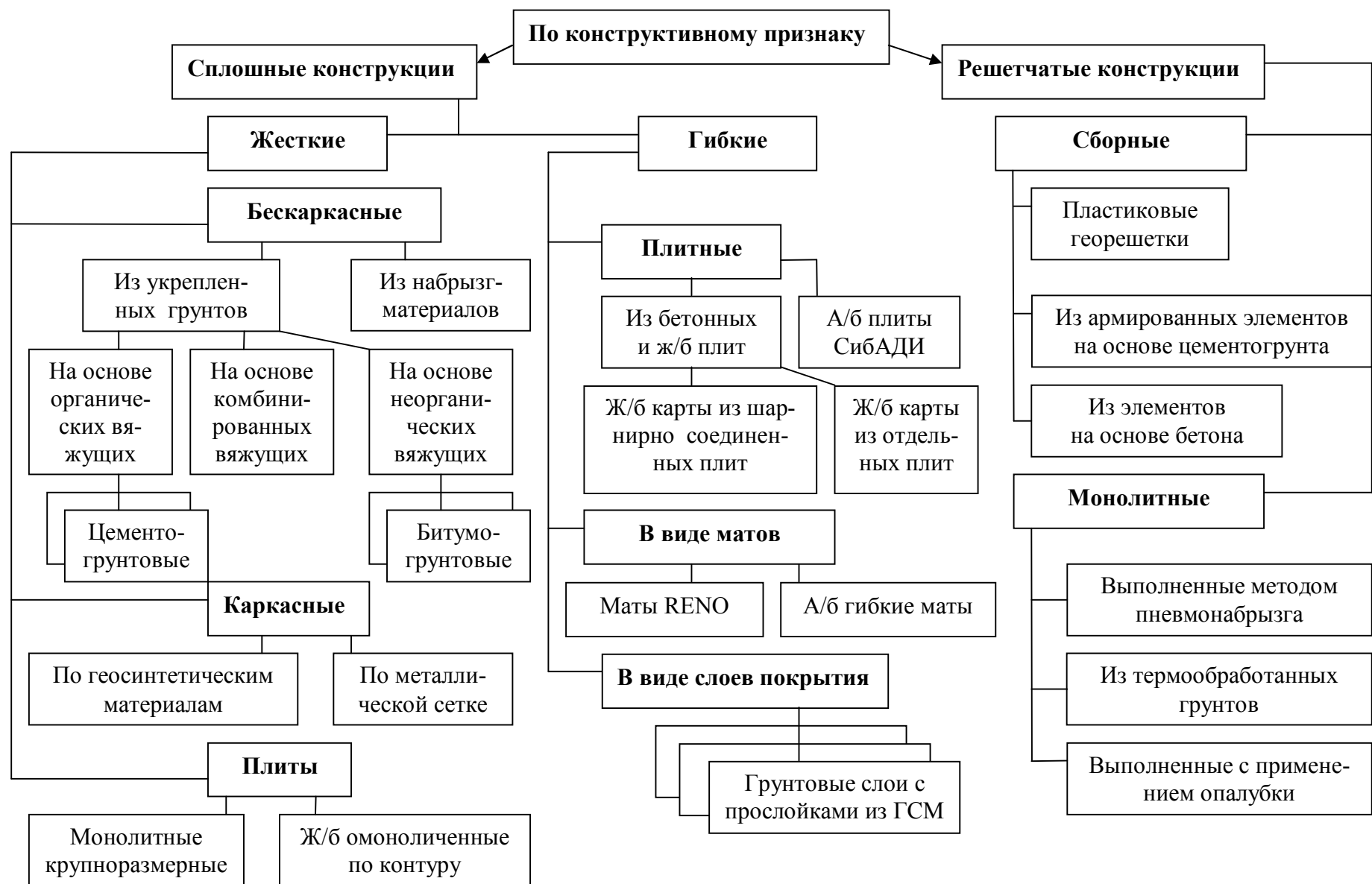


Рис. 3.63. Классификация видов укрепления откосов по конструктивным признакам

Контрольные вопросы

1. Что такое строительный карьер?
2. Что такое землевозная дорога, ее поперечный профиль?
3. В чем заключается отличие внеплощадочных работ от внутриплощадочных?
4. В чем заключается выполнение разбивочных работ?
5. Что входит в объем подготовительных работ в строительном карьере?
6. Зачем выполняют вскрышные работы?
7. Что такое техническая и биологическая рекультивация карьера?
8. В чем заключаются преимущества и недостатки использования боковых и сосредоточенных резервов?
9. Какие землеройные или землеройно-транспортные машины используются в сосредоточенном и боковых резервах для разработки грунта?
10. Что такое лобовая и боковая проходки?
11. Что такое забой?
12. Какие типы экскаваторов используются при разработке грунта?
13. По каким принципам подбирается грузоподъемность автомобиля-самосвала при работе с экскаватором?
14. Какие схемы зарезания грунта используются при работе скрепера?
15. В чем заключается принцип работы трактора-толкача?
16. В каких случаях при работе экскаватора используется стоянка его сверху, а в каких стоянка снизу?
17. Какие схемы зарезания грунта при его разработке и в каких случаях выполняет бульдозер?
18. В чем заключается сущность траншейного способа работы бульдозера?
19. Каковы основные ограничения по дальности перемещения грунта самоходным и прицепным скреперами?
20. Как и чем выполняется разравнивание слоя грунта насыпи?
21. Что такое уплотнение грунта? Виды уплотнения?
22. Какие катки и в каких случаях используются при уплотнении грунта?
23. По каким схемам работают прицепные и самоходные катки?
24. Что является критерием степени уплотнения грунтов?
25. Что такое время промачивания грунта?
26. Как определяется количество проходов катка?
27. Какими машинами выполняется планировка откосов насыпи и грунтовых резервов?

28. Какими материалами выполняется укрепление откосов насыпи?

29. Каковы область применения фронтальных погрузчиков, схемы их работы?

30. Какие грунтоуплотняющие машины и оборудование используются при уплотнении в стесненных условиях?

4. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

4.1. Общие понятия и структура производственного контроля

Для качественного ведения работ в строительных организациях должны систематически разрабатываться организационные, технические и экономические мероприятия, направленные на повышение уровня качества строительства за счет улучшения работы исполнителей, повышения их квалификации, совершенствования оборудования и инструмента, улучшения лабораторных и геодезических служб.

Производственный контроль – контроль соответствия выполняемых работ проектной документации и требованиям технических регламентов, проводимый в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта автомобильной дороги.

Организация производственного контроля лежит на **отделе контроля качества строительных работ**, который в своей деятельности руководствуется действующим законодательством, проектной документацией, строительными нормами и правилами, стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами в строительстве.

Отдел контроля качества строительных работ для решения главной задачи осуществляет надзор за организацией и проведением всех видов производственного контроля качества строительно-монтажных работ (прил. Г).

Производственный контроль имеет достаточно сложную структуру. Виды контроля классифицируются по следующим признакам: месту его выполнения, объему выполняемого контроля, в зависимости от периодичности выполнения, вида применяемого оборудования и т.д. (рис. 4.1).

В организации и выполнении производственного контроля участвуют все службы дорожно-строительной организации (рис. 4.2).



Рис. 4.1. Состав производственного контроля



Рис. 4.2. Структура служб технического контроля и строительных организаций

4.2. Выполнение этапов производственного контроля

Первичным производственным документом, в котором отражают всю производственную деятельность на строительстве от начала работ до сдачи объекта в эксплуатацию, является **общий журнал работ** (прил. Д, Ф-1). Его ведут по каждому объекту отдельно. Он находится у производителя работ. Его заполняют с первого дня подготовительных работ. В журнал вносят список технического персонала, занятого на производстве, и все изменения в его составе.

В нем регистрируют проектные и технические документы по строительству объекта: ПОС, ППР, рабочие чертежи и сметы, присылаемые дополнения и изменения к ППР и сметам, акты, заключения экспертных комиссий с новыми техническими или сметными требованиями к объекту.

Основной частью журнала является дневник работ. В нем указывают дату начала каждой работы и подробно отражают весь ход ее выполнения. Работы описывают по конструктивным элементам здания (сооружения) по мере их возведения.

В журнал вносят свои замечания лица, контролирующие производство и качество работ. Руководитель строительства делает в нем отметки о выполнении этих замечаний и распоряжений.

После окончания строительства журнал сдают с производственным отчетом в строительную организацию. Журнал на объекте является наиболее доступной и универсальной формой сбора информации, он помогает установить причины возникновения брака и его виновников.

Если работы выполнены в полном соответствии с рабочими чертежами, то это подтверждают на чертежах подписями исполнителя работ, подрядчика и представителя заказчика.

Отклонения или отступления фиксируют в том же рабочем чертеже. На таких чертежах должна быть подпись главного инженера проекта, свидетельствующая о том, что данные отступления разрешены, так как не влияют на прочность и долговечность сооружения.

Акты на скрытые работы составляют при обязательном участии представителя заказчика, а при необходимости и представителя проектной организации, если есть отступления от проекта или обнаружены какие-либо новые данные, влияющие на прочность и долговечность сооружений. Как правило, акт приемки скрытых работ составляется по окончании работ, например, нижних слоев насыпи, которые затем перекрываются верхними слоями (прил. Д, Ф-13).

При выполнении геодезических и разбивочных работ к скрытым работам относят:

- восстановление и закрепление трассы;
- создание геодезической разбивочной основы (ГРО);
- разбивку и закрепление в плане и профиле осей сооружений.

При выполнении земляных работ к скрытым работам относят:

- снятие мохового, дернового слоя, выторфовывание, корчевку пней и удаление кустарника;
- нарезку уступов на косогорах;
- замену грунтов в основании земляного полотна;
- доуплотнение подошвы насыпи;
- возведение земляного полотна (нижние слои насыпи).

До начала работ по сооружению земляного полотна должно быть проверено соответствие принятых в проекте и фактических показателей состава и состояния грунтов в карьерах, резервах, выемках, естественных основаниях.

При **входном контроле** проверяют правильность определения объемов резервов с учетом фактической ситуации в плане, характеристики грунта, наличие крупных включений, влажности.

Проверка резервов (карьеров, выемок) производится путем бурения или шурфования с отбором проб грунта. Состав (вид, разновидность) и влажность проб определяют в производственных лабораториях по действующим ГОСТам.

Высота насыпей, возводимых без уплотнения, принимается с запасом по высоте на осадку при отсыпке:

- из скальных грунтов – 6 %;
- из нескальных грунтов – 9 %.

Гранулометрический состав грунта должен соответствовать проекту (отклонения допускаются не более чем в 20 % определений).

Содержание мерзлых комьев от общего объема отсыпаемого грунта не должно превышать:

- для насыпей, уплотняемых укаткой, – 20 %;
- для насыпей, уплотняемых трамбованием, – 30 %;
- для насыпей, возводимых без уплотнения, – 50 %.

Размер твердых включений, в т.ч. мерзлых комьев, в насыпях не должен превышать $\frac{2}{3}$ толщины уплотненного слоя, но не более 30 см.

Средняя по принимаемому участку плотность сухого грунта должна быть не ниже проектной (допускается снижение плотности не

более чем в 10 % определений при летней отсыпке и в 20 % – при зимней).

Влажность грунта в теле насыпи должна быть в пределах, установленных проектом (отклонения допускаются не более чем в 10 % определений). При обнаружении расхождений фактических показателей вида грунта, влажности или других характеристик с проектными данными в случаях, если эти расхождения могут оказать влияние на качество сооружения или на технологию производства работ, заказчик обязан внести в рабочую документацию соответствующие изменения.

На этапе входного контроля строительной организацией выполняется настройка основных технологических процессов на **пионерных участках**. Настройка технологического процесса уплотнения грунтов осуществляется методом **пробного уплотнения**. Пробное уплотнение грунтов укаткой проводят с целью уточнения оптимальных толщин слоев, а также для определения количества проходов катка по одному следу, необходимого для получения требуемой степени уплотнения. Пробное уплотнение грунтов укаткой следует производить перед началом и в процессе основных работ по возведению земляного полотна для всех разновидностей грунтов, предусмотренных проектом для отсыпки в насыпи и замены в выемках, а также всех типов катков и их сочетаний, намеченных для послойного уплотнения грунтов ППР или технологическими картами.

По результатам пробного уплотнения составляют **акт пробного уплотнения земляного полотна** (прил. Д, Ф-10), в котором указывают число проходов катка по одному следу.

Строительные конструкции, изделия, материалы и инженерное оборудование, поступающие на стройку, должны иметь паспорт, подтверждающий соответствие предусмотренным проектом показателям качества (или предусмотренным стандартам, техническим условиям и т.п.). Строительная организация обязана производить выборочную проверку соответствия фактических показателей паспортным данным.

Операционный контроль осуществляют по **специальным схемам операционного контроля качества (СОКК)** на все строительные и монтажные процессы, прилагаемым к технологическим картам или картам трудовых процессов. СОКК – это проектный документ, определяющий исполнителей, состав, способ и время контроля качества строительных процессов по операциям. Его разрабатывают на

основе требований нормативных документов и государственных стандартов.

Схема операционного контроля содержит следующие положения:

- требования строительных норм и правил, а в необходимых случаях – основные характеристики качества материала (конструкций);
- перечень операций, выполнение которых проверяет производитель работ или мастер;
- данные о составе контроля, устанавливаемого на основании требований нормативных документов и рабочих чертежей с указанием, что необходимо проверить;
- указания о способе контроля выполняемых операций;
- сроки проведения контроля;
- перечень скрытых работ, подлежащих сдаче представителям технического надзора заказчика;
- перечень операций, контролируемых с участием строительной лаборатории, геодезической службы, а также специалистов, контролирующих отдельные виды работ.

Операционный контроль возлагается на прорабов и мастеров, а его организация – на главных инженеров строительно-монтажных организаций. Операционный контроль проводится в ходе производственных процессов с целью установления соответствия выполняемых работ нормативным требованиям, проектной документации и соблюдения заданной технологии. Операционный контроль должен охватывать полный объем всех видов работ за все время их выполнения.

Отклонения от заданной технологии (ППР, технологических карт) фиксируются по всем в дальнейшем контролируемым показателям, изменение которых может оказать влияние на качество: погодные условия, состав машин, применяемое оборудование, очередность и длительность операций и т.п. Отклонения от заданной технологии фиксируются в общем журнале работ.

К постоянно контролируемым показателям качества сооружения земляного полотна относятся:

- правильность осевой линии поверхности земляного полотна в плане и профиле;
- плотность естественного основания (перед устройством вышележащих слоев земляного полотна или одежды);
- однородность грунта в слоях насыпи, плотность грунта в слоях насыпи;

- ровность поверхности;
- соблюдение поперечных уклонов, ширина земляного полотна;
- крутизна откосов;
- возвышение насыпи на величину осадки;
- правильность выполнения водоотводных и дренажных сооружений, укрепления откосов.

Результаты замеров заносятся в журнал проведения операционного контроля качества (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Журнал проведения операционного контроля качества

Состав контроля	Методы и средства контроля	Режим и объем контроля	Лицо, контролирующее операции	Документ регистрации результатов контроля
Влажность используемого грунта	Лабораторный, плотномер-влажномер	Не реже 1 раза в смену	Лаборант	Общий журнал работ, журнал лабораторного контроля
Толщина отсыпаемого слоя	Инструментальный, нивелир, рулетка	Постоянный	Мастер, геодезист	
Однородность грунта в слоях	Визуальный, лабораторный	Постоянный	Лаборант	
Плотность грунта в слоях насыпи	Лабораторный, режущее кольцо	При работе катков не реже 200 м	Лаборант	Общий журнал работ, журнал лабораторного контроля
Ровность поверхности слоя насыпи	Инструментальный, трехметровая рейка	В трех точках не реже чем через 50 м	Мастер, геодезист	
Расстояние между осью и бровкой	Инструментальный, рулетка	Не реже чем через 100 м	Мастер, геодезист	Журнал геодезического контроля
Поперечный уклон	Инструментальный, трехметровая рейка	Не реже чем через 100 м	Мастер, геодезист	
Крутизна откосов	Инструментальный, шаблон	Не реже чем через 100 м	Мастер, геодезист	
Высотные отметки насыпи	Нивелир, рейка, рулетка	В трех точках на поперечнике	Мастер, геодезист	

Приемочный контроль производится на основе визуального освидетельствования в натуре, контрольных замеров, исполнительных чертежей, актов освидетельствования скрытых работ, общего

журнала работ и специальных журналов наблюдений и лабораторных испытаний. Ширину земляного полотна и крутизну откосов проверяют не менее чем в трех местах на каждом километре дороги, а также в местах, вызывающих сомнение при осмотре. Одновременно осматривают поверхность земляного полотна, которая должна быть спланирована, и убеждаются в отсутствии местных просадок грунта, колеи, переувлажненных участков.

При приемке земляного полотна качество уложенного в насыпь грунта и степень его уплотнения проверяют по документации выполненных этапов производственного контроля и данным лабораторных испытаний (рис. 4.3). Особое внимание при этом уделяется местам засыпки труб и подходам к мостам.

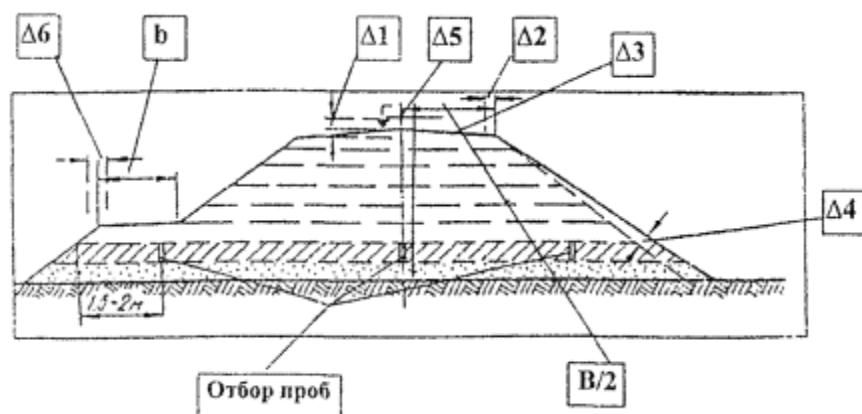


Рис. 4.3. Схема расположения контролируемых параметров при возведении земляного полотна: $B/2$ — расстояние между осью и бровкой земляного полотна; b — ширина насыпных бермов

При приемке водоотводных сооружений, входящих в комплекс земляного полотна (кюветы, нагорные и отводные канавы, быстротоки, резервы, защитные банкеты), должны быть проверены продольные и поперечные уклоны, размеры поперечных сечений. Измерения производятся с привязкой к оси или бровке земляного полотна на двух-трех поперечниках на каждый километр длины, а также во всех местах изменения конструктивных сечений (прил. Д, Ф-12).

При приемке готового земляного полотна дается общая оценка качества работ на основе оценок отдельных элементов или видов работ с учетом их значимости, полученных на приемочном этапе производственного контроля качества (табл. 4.2).

Предельные отклонения контролируемых параметров

Приемочный контроль	
Контролируемые параметры	Допускаемые отклонения
1	2
Высотные отметки продольного профиля	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 100 (20) мм, остальные – до ± 50 (10) мм
Расстояние между осью и бровкой земляного полотна В/2	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 20 см, остальные – до ± 10 см
Поперечные уклоны	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от $-0,015$ ($-0,010$) до $0,030$ ($0,015$), остальные – до $\pm 0,010$ ($0,005$)
Уменьшение крутизны откосов	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 20 %, остальные – до 10 %
Положение оси в плане	Предельные отклонения от проектного положения оси $\pm 0,2$ м
Ширина насыпных берм b	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 30 см, остальные – до ± 15 см
Продольные уклоны дренажей	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до $\pm 0,002$, остальные – до 0,001

Примечания:

1. Данные в скобках относятся к работам, выполняемым с применением машин с автоматической системой задания вертикальных отметок.

2. При приемке готового земляного полотна контрольную проверку производят не менее чем в трех местах на каждом километре дороги и дополнительно над трубами и конусами мостов не менее чем на 1/3 от их общего числа путем отбора из специальных буровых скважин или шурфов по три образца с глубины 1 – 1,5 м. Отбор образцов производится режущими кольцами. Вид, плотность (коэффициент уплотнения), влажность грунта определяются в лаборатории стандартными методами.

3. Допускается снижение плотности слоев земляного полотна: не более 10 % результатов измерений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 4 %, а остальные должны быть не ниже проектных значений. Разница в показателях плотности на одном поперечнике верхнего слоя земляного полотна для дорог с усовершенствованными покрытиями не должна превышать 2 %.

При сдаче земляного полотна должна быть закончена рекультивация всех притрассовых резервов и карьеров, ликвидация временных дорог и съездов (за исключением действующих после сооружения земляного полотна). Места с поврежденной растительностью или нарушенным почвенным покровом как на полосе отвода, так и вне ее должны быть спланированы, закрыты почвой и засеяны травой.

Оценку качества отдельных видов работ следует определять в зависимости от значений показателя P :

при $P = 4,61 - 5,0$ – «отлично» (пять баллов);

при $P = 3,91 - 4,6$ – «хорошо» (четыре балла);

при $P = 3,0 - 3,9$ – «удовлетворительно» (три балла).

Оценку «удовлетворительно» ставят, если допущено малозначительное отклонение параметра от требований технической документации (малозначительный дефект по ГОСТ 15467–79), согласованное с проектной организацией и заказчиком. При этом количество таких параметров не должно превышать 50 % от общего числа параметров, подлежащих оценке по данному виду работ (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Параметры, используемые при оценке качества строительно-монтажных работ, и условия их оценки

Конструктивный элемент, вид работ и контролируемый параметр	Условия оценки на	
	«хорошо»	«отлично»
1	2	3
1. Земляное полотно 1.1. Подготовка основания земляного полотна 1.1.1. Толщина снимаемого плодородного слоя грунта	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 40 %, остальные – до ± 20 %	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 40 %, остальные – до ± 20 %
1.1.2. Снижение плотности естественного основания	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 4 %, остальные должны быть не ниже проектных значений	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 2 %, остальные должны быть не ниже проектных значений

Продолжение табл. 4.3

1	2	3
1.2. Возведение насыпей и разработка выемок		
1.2.1. Снижение плотности слоя земляного полотна	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 4 %, остальные должны быть не ниже проектных значений	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 2 %, остальные должны быть не ниже требуемых
1.2.2. Высотные отметки продольного профиля	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 100 (20) мм; остальные – до ± 50 (10) мм	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 100 (20) мм, остальные – до ± 50 (10) мм
1.2.3. Расстояния между осью и бровкой земляного полотна	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 20 см, остальные – ± 10 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 20 см, остальные – до ± 10 см
1.2.4. Поперечные уклоны	На более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от $-0,015$ ($-0,010$) до $0,030$ ($0,015$), остальные – до $\pm 0,010$ ($0,005$)	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от $-0,015$ ($-0,010$) до $0,030$ ($0,015$), остальные – до $\pm 0,010$ ($0,005$)
Конструктивный элемент, вид работ и контролируемый параметр	Условия оценки на	
	«хорошо»	«отлично»
1.2.5. Уменьшение крутизны откосов	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 20 %, остальные – до 10 %	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 20 %, остальные – до 10 %

Продолжение табл. 4.3

1	2	3
1.3. Устройство водоотвода		
1.3.1. Увеличение поперечных размеров кюветов, нагорных и других канав (по дну)	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 10 см, остальные — до 5 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 10 см, остальные — до 5 см
1.3.2. Глубина кюветов, нагорных и других канав (при условии обеспечения стока)	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 10 см, остальные — до ± 5 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 10 см, остальные — до ± 5 см
1.3.3. Поперечные размеры дренажей	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 10 см, остальные — до ± 5 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 10 см, остальные — до ± 5 см
1.3.4. Продольные уклоны дренажей	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до $\pm 0,002$, остальные — до $\pm 0,001$	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до $\pm 0,002$, остальные — до $\pm 0,001$
1.3.5. Ширина насыпных берм	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 30 см, остальные — до ± 15 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 30 см, остальные — до ± 15 см
Конструктивный элемент, вид работ и контролируемый параметр	Условия оценки на	
	«хорошо»	«отлично»
1.4. Устройство присыпных обочин		
1.4.1. Снижение плотности грунта в обочинах	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 4 %, остальные должны быть не ниже проектных значений	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 2 %, остальные должны быть не ниже проектных значений

1	2	3
1.4.2. Толщина укрепления	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от – 22 до 30 мм, остальные – до ± 15 мм	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от – 22 до 30 мм, остальные – до ± 15 мм
1.4.3. Поперечные уклоны обочин	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от – 0,015 (– 0,010) до 0,030 (0,015), остальные – до $\pm 0,010$ (0,005)	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от – 0,015 (– 0,010) до 0,030 (0,015), остальные – до $\pm 0,010$ (0,005)

Примечания:

1. При отсыпке земляного полотна из скальных (крупнообломочных) грунтов этот показатель для оценки качества не используется.

2. Данные в скобках относятся к работам, выполняемым с применением машин с автоматической системой задания вертикальных отметок.

Оценку качества устройства земляного полотна следует производить на основе расчета комплексного показателя по формуле

$$P = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \alpha_4 S_4 + \alpha_5 S_5}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5}, \quad (4.1)$$

где P – комплексный показатель; S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 – соответственно оценка качества подготовки основания земляного полотна, возведения насыпей и разработки выемок, устройства водоотвода, присыпных обочин и укрепительных работ в баллах; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ – коэффициенты значимости видов работ, принимаемые соответственно 0,7; 1,0; 0,8; 0,6; 0,7.

При необходимости определения средней оценки качества каждого из видов работ, выполненных в разное время или в разных местах на сдаваемом участке земляного полотна, следует использовать комплексный показатель P , рассчитываемый по формуле

$$P = \frac{5C_1 + 4C_2 + 3C_3}{C_1 + C_2 + C_3}, \quad (4.2)$$

где C_1 , C_2 , C_3 – сметные стоимости объемов данного вида работ, принятых соответственно с оценками «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно».

Контрольные вопросы

1. Какие этапы включает в себя производственный контроль качества выполнения работ?
2. Как оценивается качество выполнения работ?
3. Что заносится в общий журнал работ?
4. Что включает в себя производственный контроль?
5. Какие показатели относятся к постоянно контролируемым?
6. Что такое акт скрытых работ?
7. Куда заносятся результаты контроля?
8. Для чего существует система допусков?
9. Кто отвечает за выполнение операционного контроля?
10. Как выполняется оценка качества работ?
11. Как выполняется оценка качества дорожно-строительных работ: на «хорошо» или «отлично»?
12. Что такое СОКК?
13. В чем заключаются функции служб предприятия при выполнении работ по контролю качества?

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ЛИНЕЙНЫЙ КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

5.1. Особенности построения технологической схемы выполнения работ

На основании калькуляции трудовых затрат на листе формата А1 строится технологическая схема возведения насыпи земляного полотна (рис. 5.1).

Технологическая схема – графическое изображение строительного потока в плане с указанием захваток по видам работ, размещения на них средств механизации и рабочих (в случае выполнения ручных работ), последовательности их перемещения, направления потока, схем движения машин, а также с изображением почасового графика.

В настоящее время разработано и опубликовано большое количество технологических схем на выполнение различного вида работ. Однако в каждом технологическом процессе могут присутствовать индивидуальные особенности с привязкой к конкретным условиям производства работ, которые учитываются в проекте.

Следует учесть, что при эффективном расположении машин количество захваток на технологической схеме может уменьшиться. Длина потока показывается стрелкой, ее направление идет справа налево от участка законченных работ. Длина потока определяется суммированием всех захваток.

На плане потока показываются схемы движения используемых машин, которые принимаются по рекомендуемой литературе, а также уменьшение ширины каждого слоя по мере их отсыпки. При указании схемы движения машин из условий безопасности их работы следует нанести минимально допустимое расстояние для них от бровки земляного полотна, а также минимально допустимое расстояние между самими машинами.

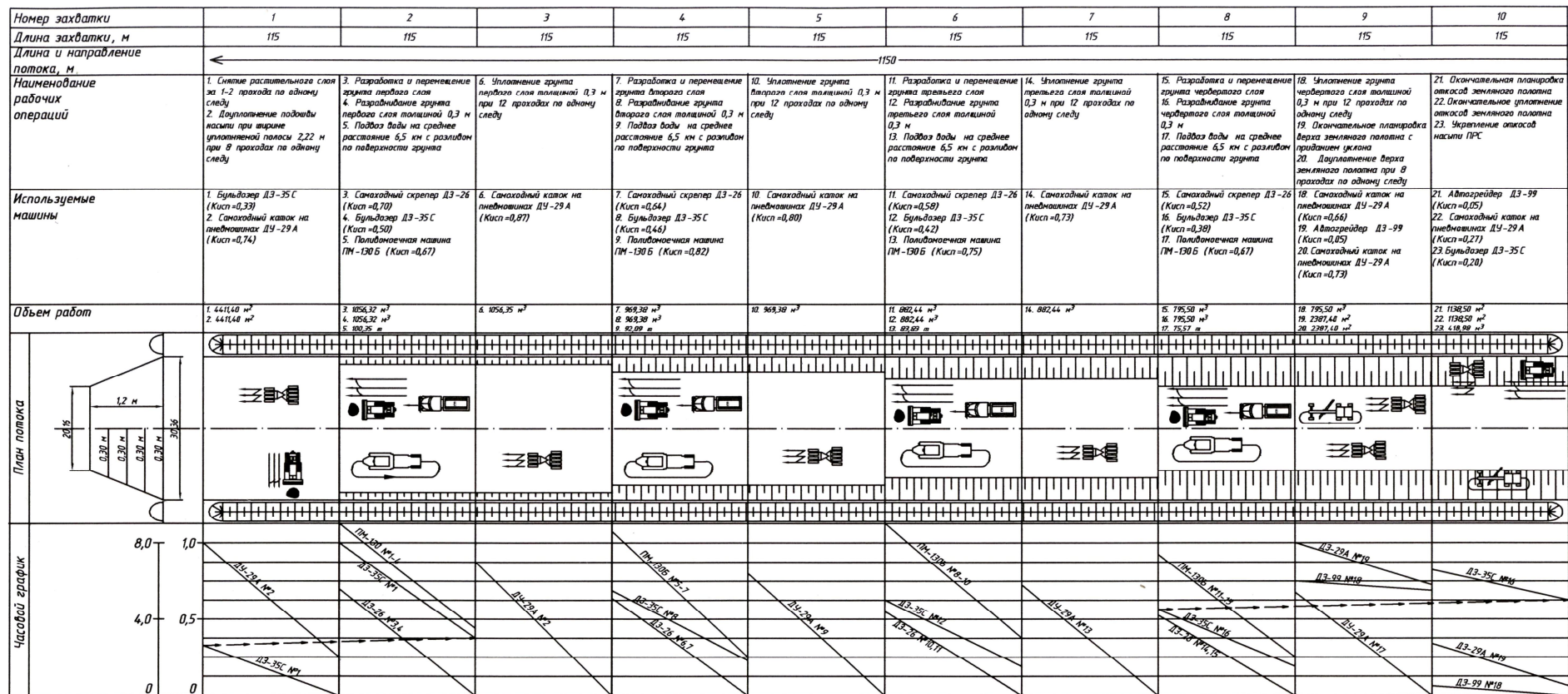


Рис. 5.1. Пример технологической схемы возведения насыпи земляного полотна

Технологическая карта является более широким документом и включает в себя помимо технологической схемы калькуляцию трудовых затрат на выполнение технологических операций, указания по производству работ и технике безопасности, схемы работы машин основных и вспомогательных машин, технико-экономические показатели специализированного или комплексного отряда машин, вопросы производственного контроля и ООС и т.д.

Почасовой (часовой) график – графическое отображение выполнения работ на сменной захватке одной или нескольких машин по времени с указанием начала и окончания их работы, а также последовательности движения этих машин. Для этого коэффициент $K_{исп}$ использования машины из безразмерной величины переводится в часы.

$$K_{исп}^ч = 8,0 \cdot K_{исп}. \quad (5.1)$$

На почасовой (часовой) график время работы машины наносится прямой восходящей линией. Начало работы этой машины, если она работает первой, начинается с нулевой точки правой вертикальной оси, соответствующей началу рабочей смены, и заканчивается на левой оси с отметкой, соответствующей времени окончания данного процесса. Начало работы машины, выполняющей следующую операцию, назначается либо по окончании предыдущих работ, либо после выполнения необходимого фронта работ с учетом технологических особенностей выполнения этой операции. Так, например, если предыдущая операция выполнялась по разработке и перемещению грунта, то процесс его разравнивания можно начинать уже на половине захватки. Если грунт увлажняется, то операцию уплотнения следует предусматривать после распределения влаги по толщине слоя. Машина специализированного отряда перемещается на следующую захватку только после полного окончания работ на предыдущей.

Над каждой линией почасового графика наносится марка используемой машины и ее номер. Например: ДЗ-28 №1. Если для выполнения одной операции используется несколько однотипных машин, то указывается их общее количество: №1–3.

Почасовые графики предыдущей и последующей операций не могут пересекаться, исключение составляют почасовые графики машин, работающих на разных участках независимо друг от друга. Линии почасовых графиков предыдущей и последующей операций не могут начинаться или заканчиваться в одно и то же время (в одной

точке). Для более наглядного использования почасового графика используется сквозная нумерация дорожно-строительных машин, отдельная нумерация составляется на автомобили-самосвалы и поливочные машины. Для эффективной организации работ необходимо стремиться к максимальной загрузке каждой машины на одной захватке или догружать ее работой на соседних захватках. Переход машины с захватки на захватку показывается пунктирной линией со стрелкой, указывающей направления движения машины, на новой захватке сохраняется ее прежний номер.

5.2. Линейный календарный график

При поточной организации работ непрерывно изменяется не только время, но и место производства работ. Это позволяет представить поток в виде траектории условной точки, перемещающейся в плоской системе координат, на которой в определенном масштабе отложены: по вертикали – время, а по горизонтали – условно выпрямленная дорога. Линия, представляющая собой след движущейся точки, характеризует работу потока во времени и пространстве. В рассматриваемом случае линия прямолинейна, т.к. высота насыпи постоянна на всем протяжении участка. В реальных объектах эта линия криволинейна, т.к. высота насыпи на участке меняется.

Для эффективной организации выполняемых работ строится **линейный календарный график** (рис. 5.2), который позволяет увязать виды выполняемых работ, их объемы, сроки их выполнения, а также последовательность выполнения работ. Наклонная линия, нанесенная на графике, характеризует перемещение всего комплекса механизированных отрядов по строящейся дороге в зависимости от времени, прошедшего с начала строительства, и местоположения участка работ на дороге.

Для того чтобы найти, в какие сроки и на каком километре дороги будут производиться работы, необходимо из точки по вертикальной оси, показывающей время производства работ, провести горизонтальную прямую до пересечения с наклонной линией потока, а затем опустить перпендикуляр на горизонтальную линию протяженности дороги. Точка, полученная на наклонной линии, покажет, на каком километре дороги производятся работы, а пересечение с горизонталью дает местоположение специализированного отряда.

При переменной скорости потока получаем кривую или ломаную линию. При движении отряда с постоянной скоростью линия имеет постоянный угол наклона.

Для взаимной увязки всех специализированных потоков строят линейный календарный график с выделением линий специализированных потоков (по строительству труб, земляного полотна и дорожной одежды). Каждый предыдущий специализированный поток должен подготовить фронт работ для следующего. Нельзя допускать пересечение линий специализированных потоков.

Сроки и последовательность выполнения отдельных видов работ устанавливаются с учетом специфики их выполнения (сроки стабилизации грунта, технологические перерывы на формирование слоя и т.д.). После окончания весенней распутицы начинаем работы, связанные со строительством водопропускных труб, а затем земляного полотна.

Для организации работы автомобильного транспорта, в частности автомобилей-самосвалов, необходимо построить эпюру их потребности в смену. Однако, в учебных проектах более приемлема укрупненная эпюра потребности автомобилей – самосвалов на 1 км.

Эпюра строится справа от линейного календарного графика в произвольно выбранном масштабе. По горизонтали наносится ось, соответствующая дате начала работ на первом километре строящегося участка, на которой откладывается количество самосвалов, необходимых для доставки грунта на данный километр. По вертикальной шкале откладывается срок выполнения работ на каждом километре. Аналогичным образом наносятся данные для каждого километра (см. рис. 5.2).

Сроки строительства труб наносятся в виде прямоугольника, высота которого равна количеству смен на устройство одной трубы. Переход звена, выполняющего эти работы, обозначается пунктирной линией.

Рассмотрим пример построения линейного календарного графика для дороги протяженностью 13 км, длиной захватки 115 м, средним объемом грунта на 1 км $32203,5 \text{ м}^3$. Карьер грунта расположен на расстоянии 3,5 км влево от км № 6 (табл. 5.1).

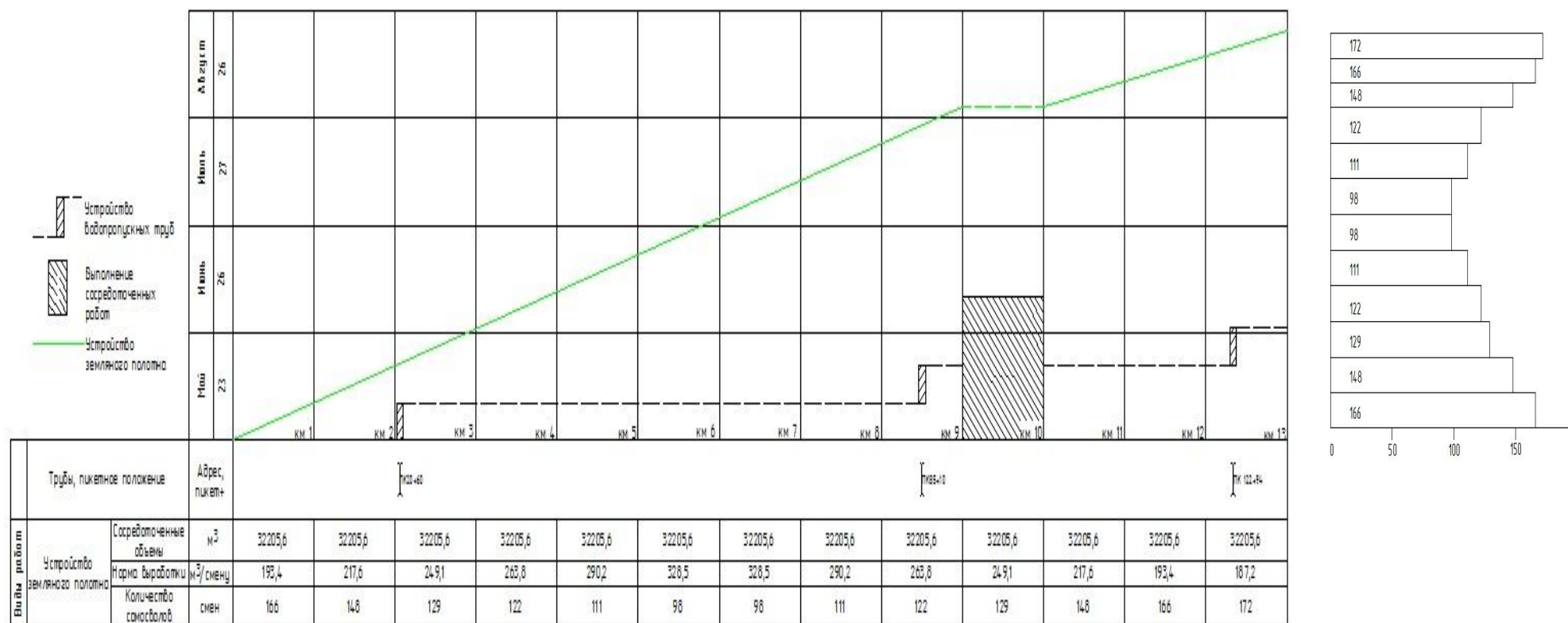


Рис. 5.2. Линейный календарный график

Таблица 5.1

**Определение количества автомобилей для транспортировки грунта
по километрам**

Но- мер км	Дальность возки, км	Объем грунта, м ³	Производительность автомобиля, м ³ /см	Количество автомобилей
0				
	8,5	32203,5	193,4	166
1	7,5	32203,5	217,6	148
2	6,5	32203,5	249,1	129
3	5,5	32203,5	263,8	122
4	4,5	32203,5	290,2	111
5	3,5	32203,5	328,5	98
6	3,5	32203,5	328,5	98
7	4,5	32203,5	290,2	111
8	5,5	32203,5	263,8	122
9	6,5	32203,5	249,1	129
10	7,5	32203,5	217,6	148
11	8,5	32203,5	193,4	166
12	9,5	32203,5	187,2	172
13				

Контрольные вопросы

1. В чем различие специализированного и комплексного потоков?
2. Что включает в себя технологическая карта?
3. Что наносится на технологическую схему?
4. Что такое длина потока?
5. Как определяется длина захватки?
6. Что такое скорость потока?
7. Как определяется направление движения потока?

8. В чем заключаются правила построения часовых графиков работы машин?
9. Что увязывает между собой линейный календарный график?
10. Что характеризует угол наклона линий движения потока?
11. Как и для чего строится эпюра потребности автомобилей-самосвалов?

6. ОСНОВЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Общие понятия и терминология

При выполнении всего комплекса технологических процессов, связанных со строительством и эксплуатацией участка дороги, в частности с сооружением земляного полотна, в проекте производства работ следует уделить особое внимание вопросам охраны окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

Охрану окружающей среды можно определить как область знаний, разрабатывающую комплекс мероприятий, направленных на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей природной средой, обеспечивающих сохранение, восстановление природных богатств, рациональное использование природных ресурсов, предупреждающих вредное влияние результатов хозяйственной деятельности общества на природу и здоровье человека (рис. 6.1).

Участок земли, предназначенный для размещения автомобильной дороги со всем комплексом обеспечивающих движение сооружений, именуется полосой отвода.

В комплекс сооружений, определяющих ее размеры, входят: земляное полотно (насыпь, выемка); водоотводные и дренажные сооружения; разделительная полоса; проезжая часть; краевые полосы; обочины; тротуары; велосипедные дорожки; искусственные сооружения, включая земельные площади под мостами, путепроводами и т.п.; элементы обустройства; съезды и въезды; боковые полосы безопасности; транспортные развязки; здания и сооружения дорожной линейной службы; производственные предприятия, необходимые для ремонта и содержания дороги.

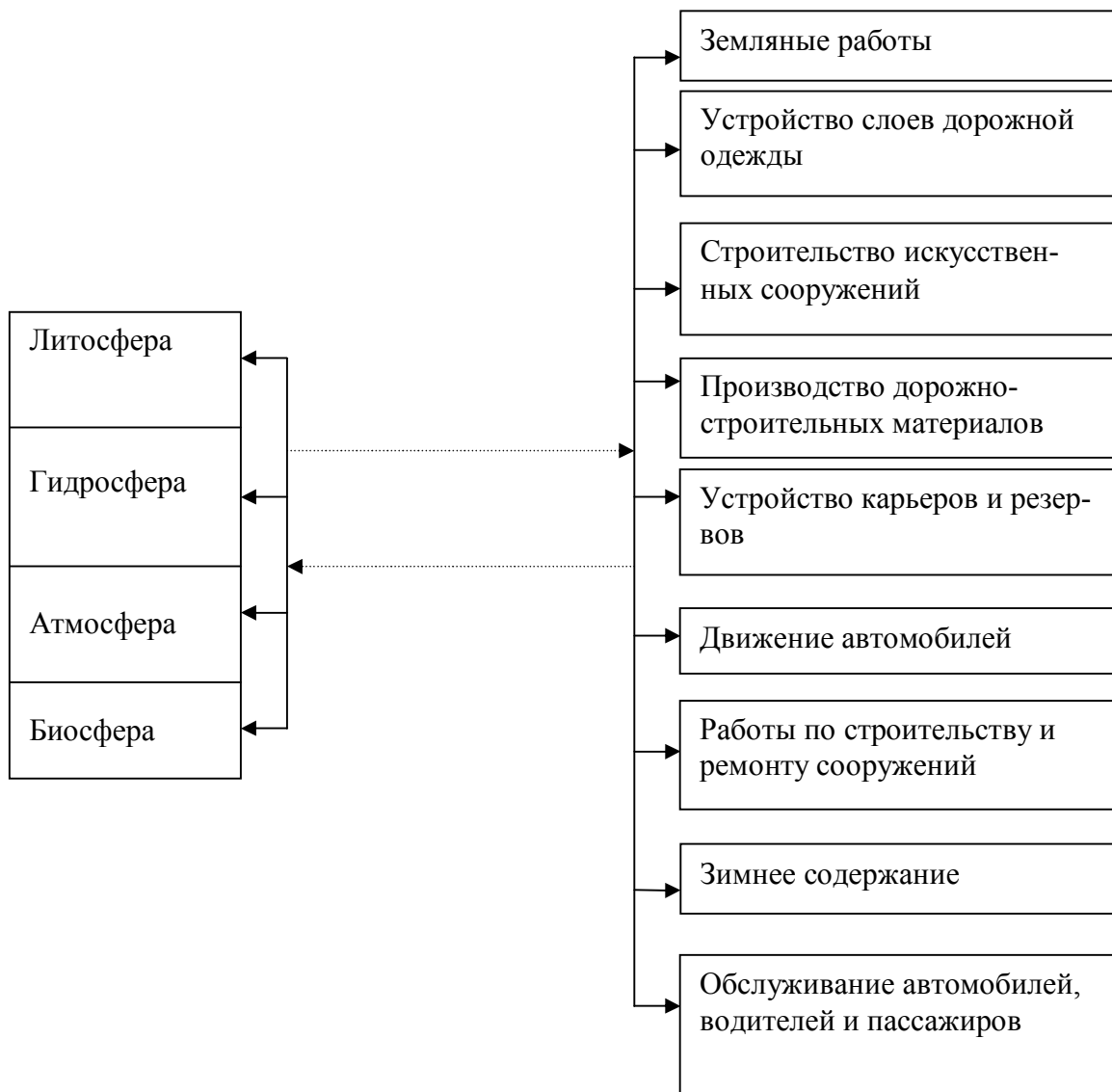


Рис. 6.1. Взаимодействие отдельных элементов системы «автомобильная дорога – окружающая среда» при строительстве и эксплуатации дорог

Граница полосы отвода прокладывается на расстоянии 1 м от проектного контура внешней бровки водоотводной канавы, или (при ее отсутствии) подошвы насыпи, или внешней кромки откоса выемки, а для сооружений и элементов благоустройства – 1 м от контура этих сооружений на уровне земли.

В состав **постоянного отвода** включаются и участки для сооружений дорожного комплекса, размещаемых на отдельных близлежащих площадях: снего - и шумозащитные древесно-кустарниковые насаждения, противозерозионные сооружения, ограждения разного назначения, опоры указателей, притрассовые склады материалов и другие сооружения с добавлением 1 м от контура на уровне земли, а для

насаждений – по проекции крон деревьев в возрасте их смыкания. Эти участки, как правило, примыкают к основной полосе отвода. Свободная территория между полосой, занятой собственно дорогой, и отдельными придорожными сооружениями или посадками по согласованию с землепользователем и решению местной администрации может включаться в состав дорожной полосы отвода в качестве резервной территории или не изыматься у землепользователей.

Во *временное пользование* для нужд строительства отводятся земли на период выполнения работ на объекте (как правило, не более трех лет) в соответствии с проектом организации строительства и схемами производства работ: под грунтовые карьеры и резервы, штабели хранения плодородной почвы, землевозные пути, площадки для стоянки и обслуживания дорожных машин, временные (передвижные) производственные предприятия, временные управленческие, санитарно-бытовые и вахтовые жилые помещения, а также временные дороги, подъездные пути и разгрузочные площадки, необходимые для технологических и обслуживающих перевозок. Площадь и границы временного отвода, установленные проектом, уточняются на месте с учетом природных условий и интересов землевладельца.

Для вновь проектируемых автомобильных дорог установлена *придорожная полоса* шириной не менее 50 м от границы полосы отвода. В придорожных полосах запрещено строить капитальные сооружения, за исключением объектов дорожной службы, зданий и сооружений, предназначенных для обслуживания владельцев и пассажиров, автотранспортных средств (объектов дорожного сервиса).

Осредненные размеры временного отвода, необходимого для размещения притрассовых технологических проездов, штабелей плодородной почвы и временных сооружений при строительстве дорог приведены в табл. 6.1.

В проекте организации строительства должны быть предусмотрены все технологически необходимые вспомогательные дороги и пути проезда, оформленные временным отводом с вынесением его границ на местность. Проезд машин и транспортных средств за пределами отведенной территории не допускается.

При выполнении работ запрещается стоянка машин и транспортных средств вне специально отведенных для этих целей площадок. Особенно недопустимо осуществлять в непредусмотренных местах заправку, техническое обслуживание и ремонт машин, что связано с потерями нефтепродуктов, приводящими к уничтожению растительного покрова на длительное время и загрязнению грунтовых вод.

Таблица 6.1

Размеры временного отвода

Категория дороги	Число полос движения	Площадь временного отвода, га/км, в местности	
		равнинной	пересеченной
I, II	6	1,7	2,2
I, II	4	1,6	2,1
III	4	1,5	2,0
III	2	1,3	1,7
IV – V	2	1,2	1,5

Примечание. Площадь временного отвода может быть сокращена при использовании ценных лесных или сельскохозяйственных земель либо увеличена в особо сложных условиях и при строительстве сооружений по индивидуальным проектам.

Главное природоохранное правило заключается в строгом соблюдении границ полосы отвода. Рекомендуются выносить на местность обозначенные полосы постоянного и временного отвода кольями с вешками, а на открытых угодьях – перепаживать борозды. Нельзя забывать, что за границей отвода находится чужая земля, и присутствие на ней может считаться нарушением права собственности.

Расчистка полосы отвода от растительности, как правило, производится в холодное время года. Размещение складов древесины, порубочных отходов за пределами отведенной полосы недопустимо. Запрещается сплошная валка мелколесья и удаление кустарника бульдозерами и кусторезами, перемещение их вместе с корнями и почвой на границу полосы отвода с образованием валов.

Место и глубину снятия плодородного слоя следует определять в составе инженерных изысканий с учетом данных местных землеустроительных органов. Допускается не снимать почвенный слой в основании насыпи на косогорах круче 1:3; на неосушенных болотах; при выходе на поверхность скальных обнажений, наличии валунов и отложений гравия, щебня. Снятие почвы не производится на болотах (не освоенных для сельскохозяйственного производства), в песчаных пустынях, на засоленных землях, а также в случаях нецелесообразности вторичного ее использования, установленных органами землеустройства.

При вскрыше карьеров плодородный слой почвы следует снимать в талом состоянии в теплый и сухой период. Для складирования вскрышных пород, не пригодных для строительства дороги, наиболее целесообразно использовать выработанное пространство карьера. Для размещения вскрышных пород вне карьера следует использовать в первую очередь естественные и искусственные понижения рельефа местности. При этом должна быть исключена возможность образования бессточных территорий, приводящих к подтоплению местности, прилегающей к карьерному полю. При необходимости следует устраивать специальные водоотводные и водопропускные сооружения.

Основными причинами нарушения сохранности почвенного слоя и уменьшения плодородия почвы в зоне воздействия дорожно-строительных и ремонтных работ являются:

- эрозия вследствие сосредоточения ливневого стока и нарушения дерново-растительного покрова;
- механическое разрушение покрова при проезде машин и транспортных средств;
- загрязнение нефтепродуктами, строительными материалами и отходами производства.

Для предотвращения водной и ветровой эрозии поверхность отвалов вскрышных пород, откосы грунтовых резервов укрепляют почвенным слоем с засевом трав, посадкой растений или гидропосевом.

При организации строительства дорог и дорожных сооружений в лесах, а также на природных угодьях, не покрытых лесом, особенно на поймах рек, наибольшее внимание следует уделять сохранению существующей растительности за пределами постоянного отвода.

В пределах водоохранных зон выделяются **прибрежные защитные полосы** протяженностью 15 – 100 м с дополнительными ограничениями природопользования. Ширина водоохранных зон и защитных полос утверждается местными административными органами.

В пределах водоохраной зоны запрещается:

- добыча грунта и других строительных материалов;
- размещение строительных площадок и временных сооружений;
- размещение стоянок транспортных средств и строительных машин.

При выполнении строительных работ должны приниматься меры к сокращению загрязнения атмосферы минеральной пылью, выбросами газов тепловых установок и двигателей, другого оборудования, работа которого связана с термическими и химическими технологическими процессами.

В целях уменьшения загрязнения атмосферы следует предусматривать переход дорожных машин на газовое топливо, а стационарного оборудования – на электропривод.

При строительстве дорог и дорожных сооружений следует предусматривать и осуществлять мероприятия по предотвращению гибели животных, сохранению среды обитания и условий размножения, путей миграции, а также обеспечивать неприкосновенность участков, представляющих особую ценность в качестве среды обитания животных.

Выполнение требований по охране окружающей среды позволит уменьшить вредное воздействие на нее технологических процессов.

При выполнении строительных работ не менее важным фактором является круг вопросов, связанных с охраной труда и здоровья людей, работающих на строительном производстве.

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) – это наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека со средой обитания. Защита человека от негативных воздействий антропогенного и естественного происхождения и достижение комфортных условий жизнедеятельности является **основной целью** безопасности жизнедеятельности.

Среда обитания – окружающая человека среда, обусловленная в данный момент совокупностью факторов (физических, химических, биологических, социальных), способных оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство.

В жизненном цикле человек и окружающая его среда обитания образуют постоянно действующую систему «человек – среда обитания». Наиболее характерными являются системы «человек – природная среда», «человек – производственная среда», «человек – бытовая среда». Взаимодействие со средой обитания может быть позитивным или негативным. Негативные воздействия в системе «человек – среда обитания» принято называть опасностями.

Опасность – негативное свойство живой и неживой материи, способное причинять ущерб самой материи: людям, природной среде, материальным ценностям. Различают опасности естественного и антропогенного происхождения. Источником естественных опасностей является природная среда (стихийные явления, климатические условия и т.д.). Антропогенные опасности обусловлены деятельностью человека и продуктами его труда.

По характеру воздействия на человека все опасности подразделяют на вредные и опасные факторы.

Вредный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию. При возведении земляного полотна вредными факторами являются шум, вибрация дорожно-строительных машин, пыление при разработке грунта, непосредственное воздействие климатических факторов, работа с химическими добавками и т.д.

Опасный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к травмам или летальному исходу. Травма – это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием. При выполнении технологических процессов к разряду этих факторов можно отнести работу с грузоподъемной техникой (краны, экскаваторы), электрооборудованием и т.д. Наличие опасных и вредных факторов при возведении земляного полотна приведено в табл. 6.2 и 6.3.

Таблица 6.2

Опасные и вредные факторы для работающих

Технологический процесс	Опасные и вредные факторы					
	пыль	шум	вибрация	вредные вещества	пожароопасность	опасное оборуд.
1.Снятие ПРС	+	+	+	+	-	-
2.Доуплотнение подошвы насыпи	+	+	+	+	-	-
3.Разработка и перемещение грунта	+	+	+	+	-	-
4.Разравнивание грунта	+	+	+	+	-	-
5.Уплотнение насыпи	-	+	+	+	-	-
6.Планировка поверхности насыпи и резервов	+	+	+	+	-	-

Безопасность жизнедеятельности – это комплекс мероприятий, направленных на решение вопросов охраны окружающей среды, гражданской обороны (или БЖД в условиях ЧС) и охраны труда (или БЖД в условиях производства).

Охрана труда определяется как система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности в процессе труда. Охрана труда включает следующие разделы: «Производственная санитария», «Техника безопасности, пожарная и взрывная безопасность», «Правовые и организационные вопросы».

Таблица 6.3

Опасные и вредные факторы, влияющие на окружающую среду

Технологический процесс	Опасные и вредные факторы		
	загрязнение воздуха	загрязнение почв	загрязнение водоемов
1. Снятие растительного слоя	+	—	—
2. Доуплотнение подошвы насыпи	+	—	—
3. Разработка и перемещение грунта	+	—	—
4. Разравнивание грунта	+	—	—
5. Уплотнение насыпи	+	—	—
6. Планировка поверхности насыпи и резервов	+	—	—

Производственная санитария – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

Техника безопасности – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.

Пожарная и взрывная безопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, направленных на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов, ограничение их последствий.

Соблюдение требований ООС и БЖД позволит выполнить производственные процессы на высоком профессиональном уровне.

Контрольные вопросы

1. Что входит в понятие охраны окружающей среды?
2. Что относится к водоохранным зонам?
3. Что такое придорожная полоса?
4. Что такое прибрежные защитные зоны?
5. В каких случаях не снимается почвенно-растительный слой?
6. Что входит в постоянную и временную полосы отвода?
7. Какие опасные и вредные факторы, возникающие при выполнении строительных работ, влияют на ООС и здоровье работников?
8. В чем заключается рекультивация карьеров?
9. Что входит в понятие техники безопасности?

Библиографический список

Нормативные источники

1. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. – Введ. 2013-01-01. – М. : Технорматив, 2013. – 38 с.
2. ЕНиР. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е 2. Земляные работы. Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1989. – 224 с.
3. Общие производственные нормы расхода материалов в строительстве. Сборник 29. Дорожные работы / Минтрансстрой. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 81 с.
4. Руководство по сооружению земляного полотна автомобильных дорог / ред. К.М. Ивановская. – М. : Транспорт, 1982. – 160 с.
5. СНиП 2.05.02 – 85. Автомобильные дороги / Госстрой СССР. – М., 1986. – 51 с.
6. СНиП 3.06.03 – 85. Автомобильные дороги / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 112 с.
7. Свод правил СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. – М. : Минрегион России, 2012. – 113 с.
8. Свод правил СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87. – М. : Минрегион России, 2012. – 186 с.

Вспомогательная литература

9. Базавлук, В.А. Уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. Технологические основы и технологии : учебное пособие / В.А. Базавлук, Е.Ю. Кузнецов. – Томск : Печатная мануфактура, 2006. – 100 с.

10. Волкова, Е.В. Технология и организация строительства земляного полотна автомобильных дорог : учебное пособие / Е.В. Волкова, А.А. Маевский. – Иркутск : ИрГТУ – ИрДУЦ, 2002. – 219 с.
11. Возведение земляного полотна автомобильной дороги : методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Технология и организация строительства автомобильных дорог» / сост. : М.С. Коганзон, Е.В. Жустарева. – М. : МАДИ, 2001. – 62 с.
12. Дорожная терминология : справочник / под ред. М.И. Вейцмана. – М.: Транспорт, 1985. – 310 с.
13. Каменецкий, В.И. Организация строительства автомобильных дорог / В.И. Каменецкий, И.Г. Кошкин. – М. : Транспорт, 1983. – 152 с.
14. Ковалев, П.В. Пособие по производственному контролю качества при строительстве автомобильных дорог / П.В. Ковалев, А.Б. Мансветов, И.М. Свежинская. – М. : НИЦ Инженер, 1998. – 131 с.
15. Конструкции и технологии строительства дорог в сложных природных условиях: учебное пособие / А.В. Смирнов, В.Н. Шестаков, В.В. Сиротюк [и др.]; под ред. А.В. Смирнова. – Омск : СибАДИ, 2005. – 172 с.
16. Миронов, А.А. Автомобильные дороги и охрана окружающей среды / А.А. Миронов, И.Е. Евгеньев. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 1986. – 283 с.
17. Могилевич, В.М. Организация и технология дорожно-строительных работ в зимнее время : учебное пособие для вузов / В.М. Могилевич. – 1-е изд. – М. : Высшая школа, 1971. – 268 с.
18. Могилевич, В.М. Основы организации дорожно-строительных работ / В.М. Могилевич. – М. : Высшая школа, 1975. – 288 с.
19. Оценка степени уплотнения земляных сооружений: методические указания к лабораторной работе / сост. : А.С. Ловинецкий, В.Н. Шестаков. – Омск : СибАДИ, 2004. – 16 с.
20. Проектирование производства земляных работ: учебное пособие / В.Т. Ерофеев, С.А. Молодых, В.В. Леснов [и др.]. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. – 160 с.
21. Першин, М. Н. Возведение земляного полотна автомобильных дорог: учебное пособие / М.Н. Першин, Г.И. Артюхина. – СПб., 2007. – 117 с.
22. Примеры проектирования технологии дорожно-строительных работ / Б.М. Орешкин, С.М. Полосин-Никитин, А.С. Еленович, Г.А. Ромаданов; под ред. Н.Н. Иванова. – М.: Транспорт, 1966. – 375 с.
23. Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / под ред. Г.А. Федотова. – М. : Транспорт, 1989. – 437 с.
24. Руководство по сооружению земляного полотна автомобильных дорог / Минтрансстрой. – М. : Транспорт, 1982. – 160 с.
25. Сикаченко, В.М. Правила оформления выпускных квалификационных работ и курсовых проектов (работ), студенческих отчётов и научных работ / В.М. Сикаченко, И.Н. Папакин, В.Ф. Игнатов. – Омск : СибАДИ, 2014. – 136 с.
26. Сиротюк, В.В. Сооружение земляного полотна из грунтов с влажностью выше оптимальной : учебное пособие / В.В. Сиротюк. – Омск : СибАДИ, 2004. – 151 с.

27. Справочник дорожного мастера. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог : учебно-практическое пособие / С.Г. Цупиков, А.Д. Гриценко [и др.]. – М. : Инфра-Инженерия, 2005. – 992 с.
28. Строительство автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / В.А. Бочин [и др.]. – М. : Транспорт, 1980. – 512 с.
29. Строительство автомобильных дорог : учебник / коллектив авторов ; под ред. В.В. Ушакова и В.М. Ольховикова. – М. : КНОРУС, 2013. – 576 с.
30. Строительство и реконструкция автомобильных дорог : справочная энциклопедия дорожника / под ред. А.П. Васильева. – М., 2005. – Т. 1. – 1519 с.
31. Технологические машины и комплексы в дорожном строительстве (производственная и техническая эксплуатация) : учебное пособие / В.Б. Пермяков, В.И. Иванов, С.В. Мельник [и др.] ; под ред. В.Б. Пермякова. – М. : БАСТЕТ, 2014. – 752 с.
32. Технологические карты на устройство земляного полотна и дорожной одежды / С.К. Илиополов, В.П. Матуа [и др.]. – М., ФГУП Информавтодор 2012. – 360 с.
33. Технология и организация строительства автомобильных дорог : учеб. для вузов / Н.В. Горелышев, С.М. Полосин-Никитин, М.С. Коганзон [и др.] ; под ред. Н.В. Горелышева. – М. : Транспорт, 1992. – 551 с.
34. Технология и организация строительства автомобильных дорог. – Т. 1. Земляное полотно : учебное пособие / Вл. П. Подольский, А.В. Глагольев, П.И. Поспелов ; под ред. Вл. П. Подольского. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2005. – 528 с.
35. Шестаков, В.Н. Технология строительства сборных железобетонных водопропускных труб на автомобильных дорогах : учебное пособие / В.Н. Шестаков. – Омск : СибАДИ, 1994. – 53 с.
36. Шестаков, В.Н. Элементы дорожной климатологии / В.Н. Шестаков. – Омск : СибАДИ, 1977. – 82 с.

Начало (числитель) и окончание (знаменатель) гражданских сумерек (среднее местное время)

Месяц	Широта, град										
	35	40	45	50	55	60	62	64	66	68	70
Январь	<u>6.35</u> 17.45	<u>6.44</u> 17.35	<u>6.56</u> 17.24	<u>7.09</u> 17.11	<u>7.26</u> 16.55	<u>7.45</u> 16.35	<u>7.54</u> 16.26	<u>8.06</u> 16.13	<u>8.20</u> 16.00	<u>8.36</u> 15.44	<u>8.58</u> 15.22
Февраль	<u>6.16</u> 18.13	<u>6.21</u> 18.08	<u>6.26</u> 18.02	<u>6.32</u> 17.57	<u>6.40</u> 17.50	<u>6.47</u> 17.43	<u>6.52</u> 17.39	<u>6.56</u> 17.34	<u>7.01</u> 17.29	<u>7.07</u> 17.23	<u>7.13</u> 17.17
Март	<u>5.40</u> 18.27	<u>5.38</u> 18.39	<u>5.35</u> 18.41	<u>5.33</u> 18.44	<u>5.38</u> 18.48	<u>5.23</u> 18.55	<u>5.20</u> 18.58	<u>5.16</u> 19.01	<u>5.13</u> 19.05	<u>5.07</u> 19.11	<u>5.02</u> 19.16
Апрель	<u>4.56</u> 19.04	<u>4.48</u> 19.12	<u>4.39</u> 19.23	<u>4.25</u> 19.35	<u>4.10</u> 19.52	<u>3.45</u> 20.16	<u>3.34</u> 20.28	<u>3.20</u> 20.42	<u>3.02</u> 21.00	<u>2.40</u> 21.23	<u>2.08</u> 21.50
Май	<u>4.23</u> 19.30	<u>4.07</u> 19.45	<u>3.50</u> 20.04	<u>3.27</u> 20.26	<u>2.55</u> 21.00	<u>2.01</u> 21.53	<u>1.28</u> 22.29	Сумерки			
Июнь	<u>4.11</u> 19.50	<u>3.52</u> 20.09	<u>3.28</u> 20.33	<u>2.57</u> 21.03	<u>2.12</u> 21.51	всю			Сплошной день		
Июль	<u>4.24</u> 19.48	<u>4.06</u> 20.06	<u>3.44</u> 20.27	<u>3.16</u> 20.54	<u>2.37</u> 21.34	<u>1.21</u> 22.50	ночь			сумерки	
Август	<u>4.47</u> 19.20	<u>4.35</u> 19.32	<u>4.21</u> 19.46	<u>4.04</u> 20.03	<u>3.40</u> 20.27	<u>3.07</u> 21.00	<u>2.48</u> 21.18	<u>2.25</u> 21.41	<u>1.52</u> 22.11	<u>0.07</u> 23.06	
Сентябрь	<u>5.11</u> 18.39	<u>5.06</u> 18.43	<u>5.00</u> 18.49	<u>4.53</u> 18.57	<u>4.43</u> 19.06	<u>4.31</u> 19.18	<u>4.25</u> 19.24	<u>4.18</u> 19.31	<u>4.08</u> 19.41	<u>3.58</u> 19.51	<u>3.44</u> 20.04
Октябрь	<u>5.34</u> 17.58	<u>5.36</u> 17.56	<u>5.39</u> 17.53	<u>5.41</u> 17.52	<u>5.43</u> 17.49	<u>5.44</u> 15.47	<u>5.45</u> 17.47	<u>5.46</u> 17.43	<u>5.47</u> 17.44	<u>5.48</u> 17.43	<u>5.49</u> 17.42
Ноябрь	<u>6.03</u> 17.25	<u>6.11</u> 17.17	<u>6.21</u> 17.07	<u>6.32</u> 16.57	<u>6.45</u> 16.43	<u>7.02</u> 16.25	<u>7.11</u> 16.18	<u>7.20</u> 17.08	<u>7.21</u> 15.56	<u>7.44</u> 15.44	<u>8.00</u> 15.29
Декабрь	<u>6.27</u> 17.24	<u>6.38</u> 17.23	<u>6.52</u> 17.00	<u>7.07</u> 16.44	<u>7.27</u> 16.24	<u>7.50</u> 16.01	<u>8.03</u> 15.49	<u>8.17</u> 15.35	<u>8.35</u> 15.16	<u>8.58</u> 14.54	<u>9.27</u> 14.24

Календарные сроки для расчёта количества рабочих смен

Районы РФ	Дорожно-климатическая зона	Сроки производства земляных работ			Количество нерабочих дней								Количество рабочих дней в строительном сезоне	Принятая сменность работы из условия использования светового дня			Расчетная продолжительность сезона, смен
		Дата начала работ	Дата окончания работ	Календарное количество смен	Выходные и праздничные дни	Ремонт и профилактика машин	Простой по организационным причинам	Внутриобъектные переходы на другие места работ	Простой по атмосферным причинам			Итого нерабочих дней					
									Общее количество дождливых дней	Из них падает на нерабочие дни	Количество дней						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Европейская часть	I	5/VI	25/IX	112	16	5	3	2	13	3	10	36	76	-	2	2,00	152
	II (северная часть)	10/V	10/X	153	22	6	4	3	12	2	10	45	108	1	2	1,95	211
	II (южная часть)	25/IV	20/X	179	27	8	5	4	14	3	11	55	124	1	2	1,85	230
	III	20/IV	30/X	183	30	8	5	4	9	2	7	54	129	1	2	1,85	239
	IV	1/IV	15/IX	228	36	10	6	5	9	2	7	64	164	1	2	1,80	296
	V	25/III	25/XI	245	39	10	6	5	7	2	5	65	180	1	2	1,80	324
	Горы и предгорья Черноморское побережье	25/III	20/XI	240	38	10	6	5	17	4	13	72	168	1	2	1,80	303
		5/III	20/XII	290	46	12	7	5	26	6	20	90	200	1	2	1,60	320
Западная Сибирь	II (северная часть)	20/V	30/IX	134	19	6	4	3	17	4	13	45	89	-	2	2,00	178
	III	5/V	10/X	157	23	7	4	3	6	1	5	42	115	1	2	1,95	225
	IV	1/V	10/X	163	25	7	4	3	4	1	3	42	121	1	2	1,95	236
	Горы и предгорья Высокогорные районы Алтая	5/V	10/X	157	23	7	4	3	10	2	8	45	112	1	2	1,95	220
		1/IV	25/IX	116	17	5	3	2	16	3	13	40	76	-	2	2,00	152

Окончание прил. Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Восточная Сибирь	I (южная часть)	20/V	30/IX	133	19	6	4	3	9	2	7	39	94	-	2	2,00	188
	II (северная часть)	25/V	30/IX	128	19	5	3	2	16	3	13	42	86	-	2	2,00	172
	III	10/V	5/X	148	21	6	4	3	3	-	3	37	111	1	2	1,95	217
	IV	5/V	10/X	157	23	7	4	3	4	1	3	40	117	1	2	1,95	229
	Горы и предго- рья	5/V	5/X	122	22	5	3	2	16	4	12	44	78	1	2	1,95	153
	(северная часть) Горы и предго- рья (южная часть)	1/VI	20/IX	111	20	5	3	2	36	9	27	57	54	-	2	2,00	108
Дальний Восток	I	20/V	5/X	108	19	4	2	1	16	4	12	38	70	1	2	1,95	137
	II (южная часть)	1/V	15/X	167	26	7	4	3	20	4	16	56	111	1	2	1,85	206
	III	15/IV	5/X	204	31	9	5	3	18	4	14	62	142	1	2	1,80	256
	Горы и предго- рья	20/V	20/X	158	22	7	4	3	15	3	12	48	110	1	2	1,80	299

Выбор ведущих машин для возведения насыпей и разработки выемок

Виды работ	Типы машин и транспортных средств	Типоразмеры машин при годовых объемах работ по возведению земляного полотна, тыс. м ³		
		100–1000	1000–2500	2500–5000
1	2	3	4	5
1. Разработка грунта в боковых резервах и мелких выемках с перемещением в насыпь: – высотой до 1,5 м и дальностью транспортирования до 80 м	Автогрейдер, тип	Легкий, средний	Средний, тяжелый	Тяжелый
– высотой до 3,0 м и дальностью транспортирования до 600 м	Грейдер-элеватор производительностью, м ³ /ч	600–800	600–800	600–800
	Бульдозер на тракторе класса, тс	3–10	6–15	10–25
	Бульдозер на тракторе класса, тс	3–10	6–15	10–25
2. Разработка грунта в выемках или притрассовых карьерах с перемещением в насыпь или кавальер на расстояние, м: – 80–600	Скрепер прицепной с ковшом вместимостью, м ³	4,5–8	7–8	8–15
–600–1000	Экскаватор или погрузчик с ковшом вместимостью, м ³	0,5–10	0,5–1,6	1,6–2,5
	Грейдер-элеватор производительностью, м ³ /ч	600–800	600–800	600–800
	Автомобиль-самосвал или землевоз грузоподъемностью, т	5,2–8	8–10	12–18

Продолжение прил. В

1	2	3	4	5
– 1000–3000	Скрепер самоходный с ковшом вместимостью, м ³	15–25	15–25	15–25
	Экскаватор или погрузчик с ковшом вместимостью, м ³	0,5–1,0	0,5–1,6	1,6–2,5
	Автомобиль-самосвал грузоподъемностью, т	5,2–8	8–12	12–18
– свыше 3000	Экскаватор или погрузчик с ковшом вместимостью, м ³	0,5–1,0	0,5–1,6	1,6–2,5
	Грейдер-элеватор производительностью, м ³ /ч	600–800	600–800	600–800
	Автомобиль-самосвал грузоподъемностью, т	5,2–8	8–12	12–15
3. Разравнивание грунта в насыпях при послойной отсыпке	Автогрейдер, тип	Средний	Средний, тяжелый	Средний, тяжелый
	Бульдозер класса, тс	3–6	6–10	10–15
4. Уплотнение грунтов в насыпях земляного полотна слоем 20–40 см*: – связных	Каток на пневматических шинах прицепной и полуприцепной массой, т	25	25	25
	Каток кулачковый прицепной и самоходный массой, т	9–25	9–25	9–25
– несвязных	Каток на пневматических шинах прицепной и полуприцепной массой, т	15–25	15–25	15–25
	Каток вибрационный прицепной массой, т	4	4	4
То же слоем 40–60 см: – связных	Трамбующая машина на тракторе класса, тс	10	10	10

Продолжение прил. В

1	2	3	4	5
– несвязных	Каток на пневматических шинах прицепной и полуприцепной массой, т	25	25	25
	Каток вибрационный прицепной и самоходный массой, т	8	8–25	8–25
5. Уплотнение откосов насыпей	Каток прицепной вибрационный массой 1 т, подвешенный к стреле экскаватора	+	+	+
6. Отделочные и укрепительные работы: – планировка поверхности земляного полотна и дна боковых и притрассовых резервов	Автогрейдер, тип	Легкий, средний	Средний	Средний, тяжелый
	Бульдозер класса, тс	3–6	6–10	10–15
– планировка откосов выемок и насыпей, распределение растительного грунта при планировочных работах при высоте откосов, м: – до 2,0–2,5	Автогрейдер, тип	Легкий, средний	Средний	Средний, тяжелый
	Навесной откосопланировщик на тракторе или бульдозер с откосопланировщиком класса, тс	10	10	10–15
– 4,0–6,0	Трактор с навесным планировочным оборудованием класса, тс	10	10	10–15
– более 6,0 (крутизна 1:1,5–1,2)	Экскаватор-драглайн с ковшом вместимостью, м ³ , оборудованный двухотвальным скребком, или швеллером, или планировочной трапецидальной рамой	0,65–1,0	0,65–1,0	0,65–1,0
– более 6,0 (крутизна 1:2 и менее)	Бульдозер класса, тс	10	10–15	10–15

Продолжение прил. В

1	2	3	4	5
–6,0–12,0 (крутизна 1:1,5)	Экскаватор-планировщик со сменным планирующим оборудованием с ковшем вместимостью, м ³	0,4	0,4	0,4
	Два трактора с прицепным рельсом (один – у подошвы откоса, второй – у бровки откоса) класса, тс	3–6	6–10	6–10
	Автогрейдер, тип	Средний	Средний	Средний, тяжелый
– рытье кюветов, нагорных канав, дренажных траншей и т.п. глубиной, м – до 0,7	Плуг кустарниковый на тракторе класса, тс	3–6	6–10	10–15
	Бульдозер на тракторе класса, тс	3–6	6–10	10–15
– до 1,5	Траншеекопатель роторного и барового типа или канавокопатель на тракторе класса, тс	3–6	3–6	6–10
	Экскаватор, оборудованный обратной лопатой, с ковшем вместимостью, м ³	0,25	0,25	0,25
– укрепление водоотводных сооружений и откосов земляного полотна: – травосеянием	Гидросеялка на базе поливочной машины с цистерной вместимостью, м ³	3,5–5	3,5–5	3,5–5
	Агрегат для травосеяния навесной на экскаватор	+	+	+
– сборными решетчатыми конструкциями или плитами	Автокран грузоподъемностью, т	6,3	6,3	6,3

Окончание прил. В

1	2	3	4	5
– материалами, обработанными вяжущими	Мотобур	+	+	+
	Экскаватор с грейферным ковшом вместимостью до 0,35 м ³	+	+	+
	Площадочный вибратор	+	+	+
	Бульдозер класса, тс	3–6	3–6	3–6
	Экскаватор-планировщик с ковшом вместимостью, м ³	0,4	0,4	0,4
– методом пневмонабрызга	Прицепной виброкаток, подвешенный к стреле экскаватора, массой, т	1–3	1–3	1–3
	Прицеп с установкой для набрызга бетонной смеси, электростанцией, компрессором и насосной станцией производительностью по укладке монолитной решетки, м ² /смену	500–1000	500–1000	500–1000

Примечание. * – бóльшая толщина слоя относится к уплотнению песков и легких супесей, меньшая – глин и тяжелых суглинков.

Операционный контроль качества выполняемых работ при возведении земляного полотна

Основные операции, подлежащие контролю	Состав контроля	Метод и средства контроля	Режим и объемы контроля	Лицо, осуществляющее контроль	Предельные отклонения от норм контролируемых параметров	Где регистрируются результаты контроля
1	2	3	4	5	6	7
Снятие растительного грунта	Толщина снимаемого слоя	Инструментальный. Измерительная линейка, визирки	Промеры не реже, чем через 100 м	Мастер	± 20 % от проектной толщины	Общий журнал работ
Разработка грунта экскаватором	1. Отсутствие негабаритных камней. 2. Однородность грунта	Визуальный	Постоянно	Мастер, лаборант	—	Общий журнал работ
Отсыпка грунта в насыпь автосамосвалами	1. Порядок и способ отсыпки. 2. Регулирование движения автомобилей по отсыпаемому слою	Инструментальный. 1. Рулетка измерительная. 2. Визирки	Постоянно	Мастер	—	Общий журнал работ

1	2	3	4	5	6	7
Разравнивание грунта в насыпи	1. Толщина слоя. 2. Высотные отметки продольного профиля. 3. Расстояние между осью и бровкой земляного полотна. 4. Крутизна откосов. 5. Поперечные уклоны	Инструментальный. 1. Визирки. 2. Нивелир, визирки. 3. Рулетка измерительная. 4. Уклономер	1. Промеры не реже, чем через 100 м. 2. Промеры не реже, чем через 100 м. 3. Промеры не реже, чем через 100 м. 4. Промеры через 50 м. 5. Промеры через 50 м	Мастер, геодезист	1. – 2. ± 50 мм от значе- ний высотных отме- ток. 3. ± 10 см от проект- ных значений шири- ны. 4. Уменьшение кру- тизны до 10 % от проектного значения. 5. $\pm 0,01$ от проект- ных значений попе- речных уклонов	Общий журнал работ. Журнал технического нивелирования
Уплотнение грунта в насыпи	1. Режим уплотне- ния. 2. Влажность уп- лотняемого слоя. 3. Фактическая плотность грунта	Визуальный. 1. Визуальный. 2. Метод режущего кольца. 3. Метод режущего кольца	1. Постоянно. 2. Не реже од- ного раза в смену. 3. Не менее трех образцов (по оси земпо- лотна и 1,5–2,0 м от бровки) не реже чем через 50 м – для верхнего слоя, не реже, чем через 20 м – для нижних слоев	Мастер, лаборант	1. – 2. См. табл. 2.2. 3. Снижение плотно- сти грунта на 4 % от проектных значений до 10 % определений, остальные результа- ты не ниже проект- ных значений	Общий журнал работ. Журнал проб- ного уплотне- ния грунта. Журнал кон- троля плотно- сти земляного полотна

1	2	3	4	5	6	7
Уплотнение грунта в насыпи	1. Режим уплотнения. 2. Влажность уплотняемого слоя. 3. Фактическая плотность грунта	Визуальный. 1. Визуальный. 2. Метод режущего кольца. 3. Метод режущего кольца	1. Постоянно. 2. Не реже одного раза в смену. 3. Не менее трех образцов (по оси земполотна и 1,5–2,0 м от бровки) не реже чем через 50 м – для верхнего слоя, не реже, чем через 20 м – для нижних слоев	Мастер, лаборант	1. – 2. См. табл. 2.2. 3. Снижение плотности грунта на 4 % от проектных значений до 10 % определений, остальные результаты не ниже проектных значений	Общий журнал работ. Журнал пробного уплотнения грунта. Журнал контроля плотности земляного полотна
Планировка верха земляного полотна и откосов	1. Высотные отметки продольного профиля. 2. Расстояние между осью и бровкой земляного полотна. 3. Поперечные уклоны. 4. Ровность поверхности. 5. Крутизна откосов	Инструментальный. 1. Нивелир, визирки. 2. Рулетка измерительная. 3. Уклономер. 4. Нивелир, нивелирная рейка. 5. Уклономер	1. Промеры не реже, чем через 10 м. 2. Промеры не реже, чем через 50 м. 3. Промеры не реже, чем через 100 м (оси к бровкам). 4. Промеры через 50 м. 5. Промеры не реже, чем через 50 м в трех точках на поперечнике	Мастер, геодезист	1. ± 50 мм от значений высотных отметок. 2. ± 10 см от проектных значений. 3. $\pm 0,01$ от проектных значений. 4. ± 50 % от проектных значений. 5. Уменьшение крутизны до 10 % от проектного значения	Журнал технического нивелирования. Ведомости приемки земляного полотна

ОБЩИЙ ЖУРНАЛ РАБОТ № _____

по _____
(указать: строительство, реконструкция, капитальный ремонт)

(наименование объекта капитального строительства, его почтовый или строительный адрес)

Застройщик _____
(наименование застройщика,

номер и дата выдачи свидетельства о государственной регистрации, ОГРН, ИНН,

почтовые реквизиты, телефон/факс – для юридических лиц;

фамилия, имя, отчество застройщика,

паспортные данные, место проживания, телефон/факс – для физических лиц)

Уполномоченный представитель застройщика

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Должность	Наименование, дата, номер документа, под- тверждающего полно- мочие	Подпись
1	2	3	4	5

Заказчик _____
(наименование заказчика,

номер и дата выдачи свидетельства о государственной регистрации, ОГРН, ИНН,

почтовые реквизиты, телефон/факс – для юридических лиц;

фамилия, имя, отчество заказчика,

паспортные данные, место проживания, телефон/факс – для физических лиц)

**Сведения о выполнении работ в процессе строительства,
реконструкции, капитального ремонта объекта капитального строительства**

№ п/п	Дата выполнения работ	Наименование работ, выполняемых в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта объекта капитального строительства	Должность, фамилия, инициалы, подпись уполномоченного представителя лица, осуществляющего строительство
1	2	3	4

Подрядная организация _____

Строительство (реконструкция) _____

**Журнал
физико-механических свойств грунтов**

Начат " ____ " _____ 20 ____ г.

Окончен " ____ " _____ 20 ____ г.

В журнале прошито и пронумеровано
_____ стр.

Начальник производственного
отдела подрядной организации

Ответственный за ведение журнала

ФИО подпись

ФИО подпись

М.П.

Журнал физико-механических свойств грунтов

1	Дата отбора пробы					Место отбора пробы
2	км					
3	ПК+					
4	ось					
5	влево					
6	вправо					
7	Глубина взятия пробы (от основания), м					Гранулометрический состав, мм, %
8	Классификация грунта по ГОСТ 25100-95					
9	более 10					
10	10-5					
11	5-2					
12	2-1					
13	1-0,5					
14	0,5-0,25					
15	0,25-0,1					
16	0,1-0,05					
17	0,05-0,01					
18	0,01-0,005					
19	менее 0,005					
20	Плотность влажного грунта, г/см ³					Данные натурных измерений
21	Влажность грунта, г/см ³					
22	Плотность сухого грунта, г/см ³					
23	Максимальная плотность сухого грунта, г/см ³					Данные стандартного уплотнения
24	Оптимальная влажность					
25	Коэффициент фильтрации					Пластичность
26	Граница текучести, %					
27	Граница раскатывания, %					
28	Число пластичности					
29	Показатель текучести					Модуль крупности (песка)
30						
31	Плотность грунта, г/см ³					
32	Плотность (max) сухого грунта, %					Оптимальные данные
33	Влажность грунта, %					
34	проектный					
35	фактический					Коэффициент уплотнения
36	Заключение и подпись лаборанта					

Продолжение прил. Д

Результаты лабораторных испытаний

Ступени изменения влажности	Плотность влажного грунта γ , г/см ³	Абсолютная влажность грунта W , %	Плотность скелета грунта

Продолжение прил. Д

Форма Ф-10

Подрядная организация _____

Строительство (реконструкция) _____

Акт пробного уплотнения земляного полотна

Дата	Длина захватки	Вид грунта	Толщина отсыпae-мого слоя, см	Плотность влажного грунта, г/см ³	Фактическая влажность грунта, %	Оптимальная влажность, %	Тип и масса катков	Число проходов по одному следу	Плотность скелета грунта, г/см ³	Максимальная плотность, г/см ³	Коэффициент уплотнения	Заключение и подпись лаборанта
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Продолжение прил. Д

Форма Ф-11

Подрядная организация

Строительство (реконструкция)

Журнал контроля плотности земляного полотна

Начат "___" _____ 20 г.

Окончен "___" _____ 20 г.

В журнале прошито и
пронумеровано _____ стр.

Начальник производственного
отдела подрядной организации

ФИО подпись

М.П.

Ответственный за ведение журнала

ФИО подпись

Журнал контроля плотности земляного полотна

Дата отбора пробы	Высота насыпи по проекту	Место отбора проб			Толщина уплотняемого слоя	Плотность (влажного грунта), г/см ³	Плотность (сухого) скелета грунта, г/см ³	Влажность, %			Плотность (сухого грунта), г/см ³		Коэффициент уплотнения		Заключение и подпись лаборанта
		км, ПК, плюс	Расстояние вправо (-), влево (-) от оси насыпи, м	Высота слоя от поверхности земли, м				наибол. допуст.	оптимальная	фактическая	максимальная	фактическая	требуемый	фактический	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Продолжение прил. Д

Форма Ф-12

Ведомость приемки земляного полотна

Место измерения		Отметка по оси		Расстояние между осью и бровкой, м			Поперечные уклоны, ‰		Коэффициент уплотнения			Заложение откосов			Примечание
км	ПК+	проектная	фактическая	проектное	фактическое		лево	право	лево	ось	право	проектное	фактическое		
					лево	право							лево	право	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Подписи:

ПОДРЯДЧИК

ЗАКАЗЧИК

**АКТ
освидетельствования скрытых работ**

№ _____
« ____ » _____ 20__ г.

Представитель застройщика или заказчика _____

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

Представитель лица, осуществляющего строительство _____

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

Представитель лица, осуществляющего строительство, по вопросам строительного контроля _____

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

Представитель лица, осуществляющего подготовку проектной документации _____

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

Представитель лица, осуществляющего строительство, выполнившего работы, подлежащие освидетельствованию _____

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

а также иные представители лиц, участвующих в освидетельствовании:

(наименование, должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

произвели осмотр работ, выполненных _____

(наименование лица, осуществляющего строительство, выполнившего работы)

и составили настоящий акт о нижеследующем:

1. К освидетельствованию предъявлены следующие работы

(наименование скрытых работ)

Окончание прил. Д

2. Работы выполнены по проектной документации _____

(номер, другие реквизиты чертежа, наименование проектной документации,

сведения о лицах, осуществляющих подготовку раздела проектной документации)

3. При выполнении работ применены _____

[наименование строительных материалов,

(изделий) со ссылкой на сертификаты или другие документы, подтверждающие качество]

4. Предъявлены документы, подтверждающие соответствие работ предъявляемым к ним требованиям: _____

(исполнительные схемы и чертежи, результаты экспертиз, обследований, лабораторных и

иных испытаний, выполненных работ, проведенных в процессе строительного контроля)

5. Даты: начала работ « ____ » _____ 201 ____ г.

окончания работ « ____ » _____ 201 ____ г.

6. Работы выполнены в соответствии с _____

[указываются наименование, статьи

(пункты) технического регламента (норм и правил), иных нормативных правовых актов,

разделы проектной документации]

7. Разрешается производство последующих работ по _____

(наименование работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения)

Дополнительные сведения

Акт составлен в _____ экземплярах.