

Федеральное агентство по образованию

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

Кафедра автомобильных дорог

**М. Н. ПЕРШИН, Г. И. АРТЮХИНА**

## **ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Учебное пособие

Допущено УМО вузов РФ по образованию в области  
железнодорожного транспорта и транспортного строительства  
в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся  
по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы»  
направления подготовки «Транспортное строительство»

Санкт-Петербург  
2007

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. И. С. Масленникова, канд. техн. наук Н. Н. Беляев

**Першин М. Н., Артюхина Г. И.**

Возведение земляного полотна автомобильных дорог: учеб. пособие /  
СПбГАСУ. – СПб., 2007. – с.

ISBN 978-5-9227-0074-0

Излагаются основные сведения возведения земляного полотна автомобильных дорог. Приводятся технические правила выбора конструктивных типов полотна, требования к выбору грунтов и их укладки в тело полотна, правила рационального использования различных землеройных машин и обеспечения их высокой производительности, рассматриваются вопросы уплотнения грунтов, отделки земляного полотна, учета и приемки выполненных работ.

Предназначено для студентов очного и заочного обучения специальности 270205 – автомобильные дороги и аэродромы. Может быть использовано студентами специальности 270201 – мосты и транспортные тоннели.

Ил. 51. Табл. 13. Библиогр.: 23 назв.

ISBN 978-5-9227-0074-0

© М. Н. Першин, Г. И. Артюхина, 2007

© Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет,  
2007

**Оглавление**

Введение.....	5
1. Основные технические правила возведения земляного полотна.....	6
1.1. Общие сведения.....	6
1.2. Требования к выбору грунтов.....	10
1.3. Способы возведения насыпей и разработка выемок.....	12
2. Подготовительные работы.....	14
2.1. Основные виды подготовительных работ.....	14
2.2. Подготовительные работы при возведении земляного полотна.....	15
2.2.1. Восстановление и закрепление трассы и полосы отвода на местности.....	15
2.2.2. Расчистка дорожной полосы от леса, кустарника, пней и камней.....	17
2.2.3. Разбивка земляного полотна.....	23
2.2.4. Прочие подготовительные работы.....	27
3. Возведение земляного полотна с использованием различных землеройных машин.....	29
3.1. Общие положения.....	29
3.2. Возведение земляного полотна бульдозерами.....	29
3.3. Возведение земляного полотна скреперами.....	33
3.4. Возведение земляного полотна экскаваторами.....	38
3.5. Возведение земляного полотна автогрейдерами.....	43
4. Уплотнение грунтов земляного полотна.....	49
4.1. Общие сведения. Требования к плотности грунтов.....	49
4.2. Технология уплотнения грунтов.....	52
4.3. Полевой контроль при уплотнении грунтов.....	56
5. Возведение земляного полотна с применением средств гидромеханизации.....	59
5.1. Общие сведения. Область рационального использования средств гидромеханизации.....	59
5.2. Разработка грунта.....	60
5.2.1. Разработка грунта гидромониторами.....	60
5.2.2. Разработка грунта землесосными установками.....	62
5.3. Транспортировка грунта.....	64
5.4. Отложение грунта.....	65
6. Применение взрывчатых веществ при возведении земляного полотна.....	68
6.1. Общие сведения. Область рационального использования взрывчатых веществ.....	68
6.2. Расчет зарядов и производство работ.....	70
7. Особенности возведения земляного полотна в ночных условиях.....	73
7.1. Общие особенности производства работ ночью.....	73
7.2. Возведение земляного полотна в темное время суток. Требования к освещенности участков строительства.....	74
8. Особенности возведения земляного полотна в зимнее время.....	78
8.1. Общие сведения. Характерные виды работ в зимних условиях.....	78
8.2. Предохранение грунтов от промерзания.....	79
8.3. Разработка и оттаивание мерзлых грунтов.....	82

8.4. Разработка выемок и возведение насыпей.....	85
9. Отделка земляного полотна и укрепление откосов.....	86
9.1. Отделка земляного полотна.....	86
9.2. Укрепление откосов земляного полотна.....	88
10. Технический контроль и приемка земляного полотна.....	91
10.1. Общие сведения. Технический контроль при возведении земляного полотна.....	91
10.2. Учет и приемка земляных работ.....	96
11. Охрана природы при строительстве земляного полотна.....	99
11.1. Общие положения. Основные задачи охраны природы.....	99
11.2. Производство земляных работ с учетом ценности земель и защиты окружающей среды.....	100
11.3. Рекультивация земель.....	103
Рекомендуемая литература.....	106
Приложение.....	108

## **Введение**

В пособии изложен материал, относящийся ко второму разделу учебной программы дисциплины «Технология и организация транспортного строительства» – возведение земляного полотна автомобильных дорог. В нем отражены все основные учебные вопросы, кроме тех, которые изложены в специальных учебных пособиях.

Подчеркивается, что высокое качество земляного полотна является необходимым условием строительства современных автомобильных дорог с высокими технико-эксплуатационными показателями.

Строительство хорошего земляного полотна не требует больших материальных затрат (как, например, дорожная одежда). Необходимо лишь строго соблюдать все существующие технические правила и рекомендации, обладать профессионализмом, чувством ответственности и творческим решением практических задач.

Особое внимание уделяется выполнению работ в условиях северо-западного региона России, поскольку большинство выпускников СПбГАСУ свою практическую деятельность осуществляют в этих климатических условиях.

Учитывая, что студенты одновременно с изучением теоретического курса по возведению земляного полотна разрабатывают курсовой проект и решают практические задачи, в приложениях приведены основные характеристики землеройных, транспортных и дорожных машин отечественного и зарубежного производства, а также необходимые справочные материалы.

# 1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРАВИЛА ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

## 1.1. Общие сведения

Земляное полотно является одним из основных элементов автомобильной дороги. От его состояния в большой степени зависят эксплуатационные качества дороги. Хорошее состояние земляного полотна достигается правильным выбором конструкции, устройством надежного водоотвода, своевременным устранением повреждений полотна и водоотводных сооружений, т. е. обеспечивается на стадиях проектирования дороги и ее эксплуатации. Однако прочность и устойчивость земляного полотна в значительной степени зависят также от правильного производства 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 и т. д.).

Возведение земляного полотна представляет собой лишь один из строительных процессов в общем комплексе дорожных работ. Чем быстрее будут выполнены земляные работы, тем раньше может устраиваться дорожная одежда и открываться движение. Высокие темпы строительства и минимальные расходы сил и средств достигаются путем рационального распределения земляных масс, выбора наиболее эффективных для данных условий средств механизации и правильного их использования, применения передовых методов производства работ, тщательной увязки всех рабочих процессов в едином плане организации строительства.

В земляном полотне различают верхнюю (рабочий слой) и нижнюю части (основание насыпи и выемки).

Верхняя часть составляет  $2/3$  глубины промерзания от низа дорожной одежды, но не менее  $1,5$  м от поверхности покрытия проезжей части. Основание насыпи или выемки образует часть полотна, находящуюся ниже границы рабочего слоя.

Конструкции земляного полотна назначают в зависимости от категории дороги, типа дорожной одежды, местных природных условий с учетом дорожно-климатической зоны, в которой производятся работы, особенностей местности по характеру поверхностного стока и степени увлажнения. Характерные профили земляного полотна в насыпях приведены на рис. 1.

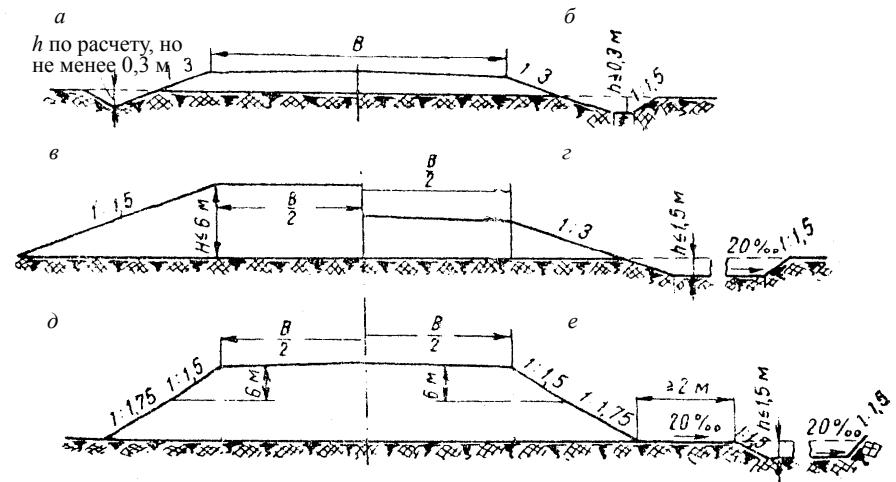


Рис. 1. Поперечные профили земляного полотна в насыпях (для дорог I-III категорий):  
а – насыпь высотой до  $0,6$  м с треугольными кюветами; б – насыпь высотой до  $0,6$  м с трапецидальными кюветами; в – насыпь высотой до  $6$  м из привозного грунта; г – насыпь высотой до  $1,5$  м с резервами; д – насыпь высотой от  $6$  до  $12$  м из привозного грунта; е – насыпь высотой от  $6$  до  $12$  м с резервами

Следует отметить, что в ряде случаев нельзя использовать типовые профили земляного полотна и поэтому их проектируют индивидуально с проверкой на устойчивость и осадку. К таким случаям относится устройство земляного полотна:

- в насыпях и выемках высотой и глубиной более  $12$  м;
- в местах со сложными инженерно-геологическими условиями (на косогорах круче  $1:3$ , при наличии оползней, оврагов, карста и т. д.);
- в выемках и насыпях с глинистыми грунтами при опасности потери прочности и устойчивости полотна;
- при устройстве полотна с применением средств гидромеханизации или массовых взрывных работ, а также в других сложных случаях, предусмотренных строительными нормами и правилами.

Объемы работ при возведении земляного полотна зависят от конструкции земляного полотна, рельефа местности, типа грунтов и других местных условий. Средний объем земляных работ при постройке дорог в равнинной и слабопересеченной местности составляет на  $1$  км земляного полотна для дорог II и III категорий  $20$ – $30$  тыс.  $m^3$ , IV–V категорий –  $15$ – $20$  тыс.  $m^3$ . При постройке дорог I категории объемы земляных работ достигают  $50$  тыс.  $m^3$  и более. В условиях пересеченной местности объем работ обычно бывает в  $1,5$ – $2$  раза выше, чем в равнинной местности.

В равнинной местности основной тип земляного полотна автомобильных дорог – невысокая насыпь. Такие насыпи (при наличии благоприятных грунтов) часто устраивают путем поперечного перемещения грунта, разрабатываемого в боковых резервах.

В холмистой местности основной тип земляного полотна – это насыпи более значительной высоты. Такие насыпи устраивают в основном путем разработки резервов и путем продольного перемещения грунта. Выемки занимают примерно 10 % от общего объема земляных работ.

Следует заметить, что в современных условиях, когда особое внимание уделяется правильному использованию земляных угодий, а также в целях применения для отсыпки насыпей наиболее благоприятных грунтов, довольно часто высокие и даже низкие насыпи отсыпают из песчаных грунтов, разработанных в грунтовых карьерах или в смежных выемках. На место отсыпки грунт доставляется автосамосвалами или другими транспортными средствами.

В горной местности основной тип земляного полотна – это полунасыпи-полувыемки (около 70 % общего объема работ).

Несмотря на значительный объем земляных работ и их большую трудоемкость, стоимость земляного полотна в равнинной местности редко превышает 15–20 % общей стоимости автомобильной дороги. В горной местности стоимость земляного полотна может достигать 50–60 % и более.

При производстве земляных работ различают профильные и рабочие объемы. Профильным объемом называют суммарный объем всех насыпей и выемок (без учета резервов, карьеров, кавальеров и т. д.). Под рабочим объемом понимают объем фактически разрабатываемого грунта при возведении насыпей и устройстве выемок.

Фактический объем требуемого грунта для насыпей определяется с учетом коэффициента относительного уплотнения ( $K_{o,y}$ ), который представляет собой отношение требуемой плотности грунта в насыпи к его плотности в резерве или карьере. Ориентировочные значения величины  $K_{o,y}$  приведены в приложении (табл. 2).

По распределению объемов, трудоемкости и организационным особенностям выполнения земляные работы подразделяются на линейные и сосредоточенные. Линейные работы характеризуются сравнительно небольшими объемами и равномерным распределением их по длине дороги (участки профилирования, невысокие насыпи, мелкие выемки); в равнинной местности они составляют в среднем 75–90 % общего объема работ. Сосредоточенные работы распределяются неравномерно и отличаются значительными объемами (насыпи на болотах, большие выемки, подходы к мостам и т. д.). Такие работы в равнинной местности составляют 10–25 % общего объема.

Если линейные работы часто осуществляются путем поперечного перемещения грунта из резервов в насыпь, то при сосредоточенных работах

обычно производится продольное перемещение грунта из выемок в насыпь, а также разработка грунтовых карьеров. Для выполнения линейных работ в основном применяют бульдозеры, автогрейдеры, скреперы. При сосредоточенных – наряду с бульдозерами и скреперами широко используются экскаваторы, а для перевозки грунта – автосамосвалы; в отдельных случаях могут применяться взрывчатые вещества и средства гидромеханизации.

Выбор средств механизации для земляных работ зависит, главным образом, от типа земляного полотна, высоты насыпи или глубины выемки, дальности перемещения грунта, имеющихся в наличии машин и других местных условий. В конечном счете, выбор машин определяется соображениями наименьшей стоимости работ. В табл. 1 приведены условия рационального использования наиболее распространенных машин для возведения земляного полотна.

Таблица 1

#### Характерные машины для производства земляных работ в различных условиях

Тип поперечного профиля земляного полотна	Высота насыпи или глубина выемки, м	Дальность перемещения грунта, м	Характерная длина участка обработки (захватка), м	Основные машины
Насыпи из двусторонних боковых резервов	0,25–0,3	5–10	300–500 (в равнинной и слабо-пересеченной местности)	Автогрейдеры
То же	1,0–1,5	50–100	200–300	Бульдозеры
Насыпи и выемки	Не ограничена	500–800	Зависит от условий работ	Скреперы с ковшом емкостью до 10 м <sup>3</sup>
Насыпи из резервов	Свыше 1,0–1,5		250–500	Бульдозеры – для нижней части насыпи; скреперы – для верхней части насыпи
Насыпи и выемки	То же	2500–3000	То же	Самоходные скреперы с ковшом емкостью > 10 м <sup>3</sup> и экскаваторы с транспортными средствами
То же	«	Свыше 2500–3000	«	Экскаваторы с транспортными средствами

При выборе средств механизации сначала подбирают основные (ведущие) машины, при помощи которых можно выполнять основной объем земляных работ (разработку и перемещение грунта) при наименьшей стоимости работ. Затем выбирают вспомогательные (комплектующие) машины для остальных видов земляных работ, входящих в технологический процесс (разрыхление грунта, уплотнение полотна и др.). Необходимое количество основных машин определяют исходя из объема работ и производительности машин так, чтобы закончить работы в заданный срок. Количество вспомогательных машин назначают из условия обеспечения эффективной работы основных.

## 1.2. Требования к выбору грунтов

Для устройства земляного полотна должны применяться грунты и отходы промышленных предприятий, мало меняющие свою прочность и устойчивость под воздействием погодно-климатических факторов.

Пылеватые грунты на дорогах с капитальными покрытиями во II и III климатических зонах допускаются лишь для отсыпки нижней части насыпи. Верхнюю же часть земляного полотна на 1,2 м при цементобетонных покрытиях и 1,0 м при асфальтобетонных во II климатической зоне необходимо отсыпать из непылеватых, преимущественно песчаных и супесчаных грунтов. В III климатической зоне применение непучинистых грунтов обязательно в верхней части полотна в соответствии с типом покрытия на высоту 1,0–0,8 м.

Насыпи на сопряжении с мостами следует отсыпать из непучинистых дренирующих грунтов. Не допускается использовать в пределах рабочего слоя мергелистые глины, глинистые сланцы, трепел и другие особые грунты без специальных технико-экономических обоснований [4].

При возведении насыпей не допускается использование илистых грунтов (ила, мелкого песка с примесью торфа или ила, жирных глин с примесью ила), сильно засоленных недренирующих грунтов и торфа.

Отсыпка насыпей должна производиться из однородных грунтов слоями на всю ширину земляного полотна, толщиной, назначаемой в зависимости от имеющихся средств уплотнения. При использовании грунтов, различных по своим физико-механическим свойствам, недопустима их беспорядочная отсыпка, так как в этом случае внутри насыпи возможно образование водяных мешков и плоскостей скольжения вышележащих грунтов по нижерасположенным глинистым (рис. 2).

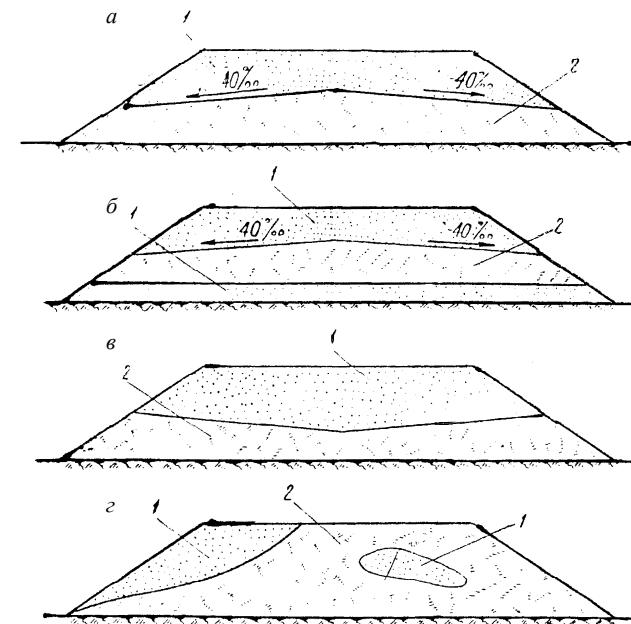


Рис. 2. Примеры отсыпки грунтов в насыпь:  
а, б – правильная отсыпка; в, г – неправильная отсыпка;  
1 – дренирующий грунт; 2 – плохо дренирующий грунт

Малодренирующие грунты следует отсыпать в нижние слои насыпи, а хорошо дренирующие – в верхние. Для обеспечения внутреннего водоотвода поверхность слоев менее дренирующих грунтов, расположенных под слоями более дренирующих грунтов, должна иметь поперечный уклон от оси насыпи к обочинам не менее 40 %. Во избежание неравномерных осадок сопряжение двух соседних участков насыпи, отсыпаемых из различных грунтов, должно устраиваться по наклонной плоскости путем постепенного замещения одного грунта другим. При уширении насыпей существующих дорог присыпаемый грунт должен быть, как правило, однородным с грунтом старой насыпи. При неоднородности присыпаемый грунт должен обладать лучшими дренирующими свойствами. При возведении земляного полотна грунты должны разрабатываться и отсыпаться при влажности, близкой к оптимальной. Переувлажненные и чрезмерно сухие грунты разрабатываются с большим трудом и плохо уплотняются.

По трудности разработки все грунты подразделяются на одиннадцать категорий. К первым трем относятся нескальные, к четвертой – полускальные грунты. Остальные категории составляют скальные грунты. Земляное

полотно возводится преимущественно из несkalьных грунтов. I категория – легкие грунты (песок, супесь, растительный грунт и т. д.); II – средние (суглинок, песок и супесь с включением гальки, камней, корней); III – тяжелые (глина, гравий, галька, растительный грунт и торф с корнями деревьев и т. д.); IV – очень тяжелые (крупная галька, тяжелая глина, дресва и др.).

Следует отметить, что классификация грунтов полностью не отражает особенности разработки грунтов различными машинами. Например, при разработке грунтов экскаваторами, обладающими при резании большими запасами мощности, различие между I и II и III и IV категориями практически теряется. Скреперы, бульдозеры и автогрейдеры имеют большую производительность при разработке легких связных грунтов и значительно меньшую – на песчаных, относящихся к I категории. В связи с этим при определении норм выработки и расценок непосредственно во время производства земляных работ и подготовке рабочих планов руководствуются классификацией грунтов по группам в зависимости от трудности их разработки различными машинами. При составлении же технического проекта, когда использование конкретных машин еще не планируется, пользуются классификацией грунтов по категориям. Классификация грунтов по категориям приводится в СНиП, а по группам – в ЕНиР.

Объем земляных работ и производительность машин исчисляются в кубических метрах грунта в плотном теле, т. е. в естественном его залегании. При разработке же грунта землеройными машинами он разрыхляется, и объем его делается больше. Степень разрыхления учитывается при помощи так называемого коэффициента разрыхления, который представляет собой отношение объема грунта в разрыхленном состоянии к объему, который он занимал в плотном теле. Коэффициент разрыхления зависит главным образом от типа применяемых машин, вида грунта и его влажности.

### 1.3. Способы возведения насыпей и разработки выемок

Выбор способов возведения насыпей и разработки выемок зависит от ряда местных условий: рельефа местности, конструкции земляного полотна, объема и заданного срока производства работ, наличия тех или иных машин и т. д. Однако во всех случаях выбранная схема производства работ для данных условий должна как можно лучше обеспечивать использование имеющихся землеройных машин и транспортных средств, достижение необходимой плотности грунтов, правильное размещение в насыпях грунтов, различных по своим физико-механическим свойствам, надежный водоотвод во время производства работ.

Отсыпка насыпей может производиться горизонтальными слоями сразу, на всю ширину земляного полотна – продольный способ, и отсыпкой «с головы» – поперечный способ (рис. 3).

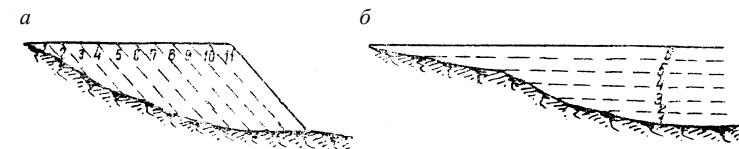


Рис. 3. Отсыпка насыпей:  
а – «с головы»; б – послойная отсыпка

Кроме того, могут применяться комбинированные схемы отсыпки, когда нижняя часть отсыпается поперечным способом, а верхняя – продольным. Наиболее целесообразным является продольный способ, при котором обеспечиваются наилучшие условия уплотнения грунтов, правильное размещение в теле насыпи различных грунтов по своим свойствам, достаточный фронт работ для всех имеющихся машин. Однако эта схема не всегда может применяться. В тех случаях, когда крутизна склонов превышает предельные допускаемые уклоны для движения имеющихся машин, когда по местным условиям затрудняется съезд к основанию насыпи, например, при отсыпке насыпей через овраги с крутыми склонами, при переходах болот и т. д., применяется отсыпка «с головы». Поэтому на таких участках до окончания полной осадки земляного полотна должны устраиваться покрытия переходных типов, допускающие быстрое устранение осадок грунта.

Работы по возведению земляного полотна подразделяются на подготовительные, основные, отделочные и укрепительные.

### Контрольные вопросы

1. На каких стадиях производства земляных работ достигается необходимая прочность и устойчивость земляного полотна? Какие возможны дефекты при неправильном производстве работ?
2. Как выбираются типовые профили земляного полотна? В каких случаях конструкции земляного полотна проектируют индивидуально?
3. От чего зависят объемы земляных работ? Какие виды и объемы земляных работ характерны для различных климатических зон и местных условий?
4. Чем отличаются рабочие объемы земляных работ от профильных?
5. Какое отличие имеют линейные работы от сосредоточенных?
6. Как зависит выбор средств механизации от местных условий производства работ? Каковы условия рационального использования различных машин

- для возведения земляного полотна? В чем состоит отличие ведущих машин от вспомогательных? Как определяется их необходимое количество?
7. Какие существуют правила использования грунтов различных по своим физико-механическим свойствам? Какие грунты нельзя использовать для возведения земляного полотна? Какие являются наиболее благоприятными?
  8. Какие существуют классификации грунтов по трудности разработки? Какими пользоваться?
  9. От каких условий зависит выбор способов возведения насыпей и разработки выемок?

## 2. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

### 2.1. Основные виды подготовительных работ

Подготовительные работы подразделяются на три вида:

- организационно-технические, выполняемые до начала производства работ;
- подготовительные общестроительные, выполняемые до начала и частично во время производства основных работ;
- специальные подготовительные, предшествующие сооружению тех или иных элементов дорожной конструкции (земляного полотна, основания, покрытия и др.).

Основные организационно-технические работы включают: подготовку технической, договорной и финансовой документации; решение вопросов материально-технического обеспечения; проведение тендерных торгов для определения основных производителей работ; освобождение жилых и нежилых помещений, подлежащих сносу; составление проекта производства работ; общее осушение территории; устройство подземных сооружений и им подобные работы. Эти работы не входят в срок строительства дороги и выполняются заблаговременно.

Подготовительные работы включаются в срок строительства. Они предусматривают: вынос трассы и осей всех сооружений в натуре; устройство временных сооружений, необходимых для строительства; ограждение участков строительных работ для обеспечения безопасности населения; обеспечение строительства водой, электроэнергией, средствами связи, подъездными путями и т. д.

Основные подготовительные работы, проводимые до возведения земляного полотна, включают: восстановление и закрепление трассы, расчистку дорожной полосы, разбивку земляного полотна, снятие растительного слоя и некоторые другие.

### 2.2. Подготовительные работы при возведении земляного полотна

#### 2.2.1. Восстановление и закрепление трассы и полосы отвода на местности

До начала производства земляных работ необходимо произвести оформление полосы отвода земли через местные административные органы и закрепить ее на местности. Закрепление полосы отвода производится путем установки столбов в каждую сторону от оси дороги (в соответствии с попикетной ведомостью отвода). Столбы устанавливают и маркируют с участием местных земельных органов. Ширина полосы отвода земли, необходимая для размещения всех элементов и устройств автомобильной дороги, определяется категорией дороги и местными условиями.

Вне пределов полосы отвода на период строительства могут отводиться участки, необходимые для устройства притрассовых резервов и карьеров, размещения производственных баз и временных городков строителей, устройства временных подъездных дорог и т. д. После окончания строительства эти земельные участки подлежат возврату местным органам в состоянии, пригодном для использования в хозяйстве.

Следует заметить, что в современных условиях, когда большое внимание уделяется правильному использованию земель и охране природы, при проложении дорог по ценным угодьям местные органы нередко сокращают полосу отвода земель до минимальных пределов, определяемых шириной насыпей понизу или шириной выемок поверху. В таких случаях не представляется возможности устраивать боковые резервы и кавальеры. Поэтому подвозку грунта приходится осуществлять из специальных карьеров (резервов) или из выемок.

Следует отметить, что такая практика иногда противоречит современным требованиям об охране здоровья людей. Как известно, по обе стороны дороги происходит насыщение грунта вредными веществами, выделяемыми двигателями автомобилей и продуктами износа дорожных покрытий. В зависимости от интенсивности движения автомобилей по дороге, направления ветров и других местных условий накопление таких веществ особенно в больших объемах происходит в зоне до 30–50 м. Таким образом, продукты сельского производства в этой полосе употребляться в пищу не должны. Следовательно, при назначении ширины отвода необходимо учитывать это обстоятельство, и в местах садов, бахчевых, выпасов и т. д. полоса отвода в ряде случаев должна не уменьшаться, а напротив – увеличиваться.

Восстановление и закрепление трассы производится в целях перенести в натуре и закрепить на местности основные точки, определяющие положе-

ние трассы: вершины углов поворотов, пикетные и плюсовые точки на прямых участках, начальные и конечные точки переходных и круговых кривых, промежуточные осевые точки и реперы.

Кроме закрепления основных точек, при восстановлении трассы производится контрольный промер линии, нивелировка по оси дороги и разбивка поперечников. При возможности улучшить трассу в плане и профиле прокладываются новые варианты на отдельных небольших участках.

При восстановлении трассы руководствуются данными проекта с использованием знаков, оставленных на местности изыскателями. Если постройка дороги производится непосредственно за изысканиями, то работы по восстановлению и закреплению трассы сводятся к проверке наличия разбивочных обозначений, выставленных изыскателями, восстановлению утраченных знаков и закреплению характерных основных точек на все время производства земляных работ.

Ось и пикетаж дороги закрепляются колышами, забиваемыми на прямых участках через 100 м. Кроме того, на длинных прямых участках, через 0,5–1,0 км устанавливаются вехи. Углы поворота закрепляются столбами диаметром не менее 10 см, устанавливаемыми на расстоянии 0,5 м от вершины угла по направлению биссектрисы. Угловые столбы должны возвышаться над поверхностью земли на 0,5–0,75 м. Непосредственно в точке вершины угла поворота забивается колышек. На кривых промежуточные точки закрепляются колышами, забиваемыми при радиусе кривой более 500 м через 20 м, на кривых радиусом от 500 до 100 м – через 10 м и на кривых радиусом до 100 м – через 5 м. Высотные отметки определяются реперами. Расстояние между реперами в горной и пересеченной местности устанавливается не более 1 км, в равнинной – не более 2 км. Кроме того, реперы устанавливают у всех искусственных сооружений и насыпей высотой более 5 м.

Для сохранения положения характерных точек во время производства земляных работ производится выноска таких точек на обрезы, за пределы участков будущих земляных работ путем забивки выносных колышев по обе стороны от оси дороги. Выноска точек на прямых производится строго перпендикулярно к оси дороги, а на кривых – чаще всего перпендикулярно к касательным. Вынесенные точки закрепляются сторожками, на которых указывается номер пикета или плюса, высота или глубина выемки и расстояние от оси дороги. Расстояния по оси до вынесенных точек указываются также в журнале выноски пикетажа, что дает возможность быстро определить при необходимости положение осевой линии (рис. 4).

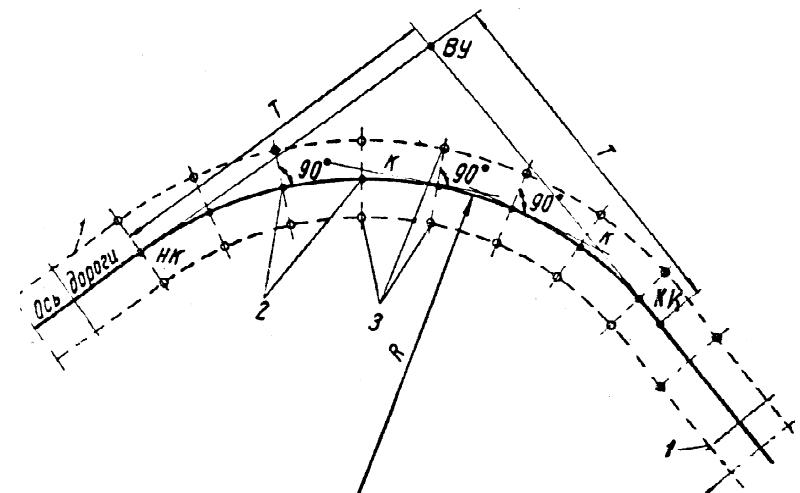


Рис. 4. Выноска и закрепление осевых точек на кривых:  
1 – граница полосы отвода; 2 – осевые точки; 3 – выносные колышя

## 2.2.2. Расчистка дорожной полосы от леса, кустарника, пней и камней

До начала земляных работ территории выемок, резервов, карьеров и кюветов должны быть очищены от деревьев, кустарника, пней и крупных камней.

Корчевку пней в местах разработки грунтов можно не производить лишь в тех случаях, когда применяются мощные землеройные машины, способные удалить пни одновременно с разработкой грунта, при использовании средств гидромеханизации, когда удаление пней может осуществляться в процессе разработки выемок, а также при устройстве выемок взрывным методом.

Очистку местности от леса и кустарника необходимо производить и на участках отсыпки насыпей. Что же касается пней, то они должны удаляться в тех случаях, когда насыпи имеют высоту менее 1,5 м. При высоте насыпи более 1,5 м корчевку можно не производить, но пни должны срезаться в уровне поверхности земли. При высоте насыпи более 2,0 м пни можно сохранять, но их высота не должна превышать 10 см.

При удалении леса и кустарника следует учитывать важную и полезную роль, которую играют зеленые насаждения в укреплении косогоров и в защите земляных сооружений от песчаных и снежных заносов и от размывов при паводках. Поэтому удаление деревьев и кустарника должно осуществляться в строго необходимых объемах.

Обычно расчистка дорожной полосы от леса и кустарника производится на ширину, равную расстоянию между наружными бровками кюветов или резервов, увеличенную на 1 м с каждой стороны дороги. Однако в отдельных случаях, особенно в северных районах, расчистка дорожной полосы от леса может потребоваться на большую ширину вследствие необходимости осуществлять просушку земляного полотна. Удаляются также деревья, которые при падении могут оказаться на проезжей части дороги. Иногда полоса расчистки увеличивается по противопожарным соображениям.

При возведении насыпей высотой до 1,0 м производится удаление дернового слоя. На косогорах круче 1:10 дерн удаляется при любой высоте насыпи. Дерн небольшой толщины, что имеет место, например, при песчаных грунтах, может не удаляться. Однако для повышения связи насыпной части с основанием поверхность грунта в пределах насыпи целесообразно вспахивать.

Валка деревьев осуществляется в основном двумя способами: *целыми деревьями вместе с корнями* или *спиливанием* деревьев с последующей корчевкой пней. Возможна также валка деревьев *взрывным способом*.

Первый способ эффективен при валке деревьев с поверхностной корневой системой в редких и средних по густоте лесах. Это объясняется тем, что при валке деревьев с глубокими корнями образуются большие ямы, затрудняющие использование землеройных машин. Кроме того, засыпка таких ям на участках насыпей значительно увеличивает объем земляных работ. В густых лесах валка деревьев с корнями приводит к образованию завалов, захламлению территории, что осложняет работы по уборке леса и заготовке деловой древесины.

Валка деревьев с корнями может осуществляться бульдозерами на гусеничном ходу, деревовалами, тракторами и различного рода лебедками. Деревья диаметром до 15–20 см валятся за один прием. При этом отвал заглубляется на 20–30 см ниже уровня земли и движением вперед на первой скорости производится валка и сдвижка поваленного дерева. Деревья диаметром более 15–25 см обычно валят за два-три приема (рис. 5).

Валка деревьев трактором производится при помощи троса или каната. Длина троса должна быть не менее высоты наиболее высокого дерева плюс 5–10 м. Мелкие и средние деревья зачаливаются на высоте 1,0–1,2 м и валятся при движении трактора на первой передаче. Крупные деревья должны зачаливаться возможно выше, чтобы образовавшееся плечо облегчало валку деревьев. Угол подъема троса, однако, не должен превышать 35–40°; в противном случае не будет использована полная мощность трактора.

Для валки деревьев могут применяться древовалы, представляющие собой навесное оборудование к трактору. Древовалы состоят из верхнего толкающего бруса и нижнего двухтвального плуга, который врезается в грунт

под корень дерева. Валка деревьев может также производиться различного рода корчевательными лебедками, тракторными агрегатами и трелевочными тракторами, имеющими тяговые лебедки.

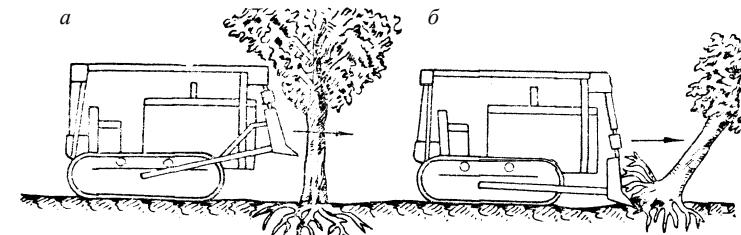


Рис. 5. Валка бульдозером крупных деревьев с корнями:  
а – первая стадия; б – вторая стадия

Валка деревьев спиливанием, как правило, производится с помощью бензомоторных пил, для чего обычно назначается звено в составе двух человек: пильщика (вальщика) и его помощника.

Перед валкой каждого дерева производится подготовка рабочего места вальщиков. Она заключается в расчистке площадки вокруг дерева, обеспечивающей удобную работу вальщиков; в прокладке кабеля для электропилы; в зимнее время – в утаптывании снега около дерева и в подготовке путей отхода вальщиков от падающего дерева. Подготовка рабочего места выполняется помощником вальщика, а в густых сильно заросших лесах для этой цели выделяется дополнительная рабочая сила.

Собственно валка дерева начинается с устройства подпила или подруба, после чего осуществляются спиливание и повал дерева. Подпил и подруб (рис. 6) производятся на стволе дерева с той стороны, в которую намечен повал дерева.

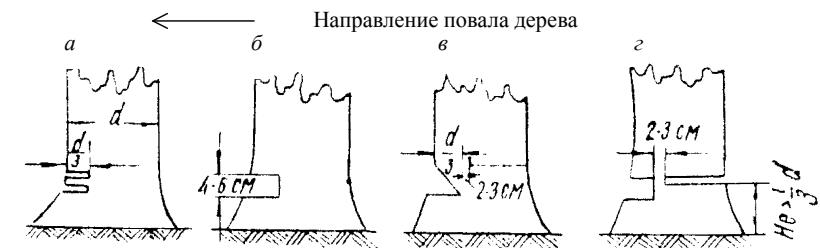


Рис. 6. Подпилы при валке деревьев:  
а – подпил двумя параллельными резами; б – подпил после выкалывания ломтя; в – подпил пересекающимися резами; г – пропил при спиливании деревьев

Подпил или подруб облегчают повал дерева в нужном направлении, и, кроме того, уменьшают зажатие пилы при спиливании. Подпил производится или в виде двух параллельных резов, или путем пересекающихся резов (один горизонтальный, а другой под углом 35–40° к первому). Образующийся ломоть затем выкалывается топором. При спиливании деревьев вручную вместо подпила устраивается подруб с помощью топора; для облегчения подруба может производиться горизонтальное подрезание пилой с последующей вырубкой клина топором.

После устройства подпила или подруба производится спиливание дерева горизонтальным резом на уровне верха подпила или подруба. Спиливание производится не до самого подруба или подпила, а за 2–3 см до них. После этого пильный агрегат вынимается и помощник вальщика, действуя валочным рычагом или домкратом, производит повал дерева. Для стапкивания дерева с пня могут использоваться специальные механизмы типа гидроклина, устанавливаемые на мотопиле. Применение гидроклина позволяет вести валку деревьев одному пильщику. После валки деревья обычно очищаются от сучьев и транспортируются на временные склады.

При валке деревьев взрывным способом изготавливаются гибкие патроны диаметром 5–6 см, длиной, равной периметру дерева у комля. Патроны заполняются порошкообразным взрывчатым веществом (ВВ) и прикрепляются к стволу дерева у его корня. Подрывание деревьев производится по несколько штук за один раз огневым или электрическим способом. На валку одного дерева с диаметром пня 30–50 см расход аммонита составляет 270–400 г. К недостаткам этого способа валки следует отнести размачивание древесины на длину 30–50 см от комля, а также значительный расход ВВ.

Корчевка пней производится тракторами с помощью троса, бульдозерами, корчевательными лебедками, корчевателями-собирателями, а также при помощи корчевательного оборудования, монтируемого на тракторах, экскаваторах и кранах. Наиболее часто корчевка пней производится бульдозером. При корчевке пней диаметром до 20 см нож отвала заглубляют на 15–20 см ниже поверхности земли и при движении бульдозера вперед выкорчевывают пень, снимая одновременно и растительный слой. Корчевка пней диаметром от 20 см и более производится за несколько приемов так, как это показано на рис. 7 (мощные бульдозеры способны корчевать такие пни за один раз).

У больших пней корни со стороны подхода бульдозера предварительно подрубаются. Корчевка пней может производиться также при помощи корчевателей-собирателей, представляющих собой навесное оборудование к трактору, и различного рода лебедок. При этом мелкие пни диаметром до 15–25 см удаляются ручными корчевательными лебедками. Более крупные пни корчуются тракторными лебедками.

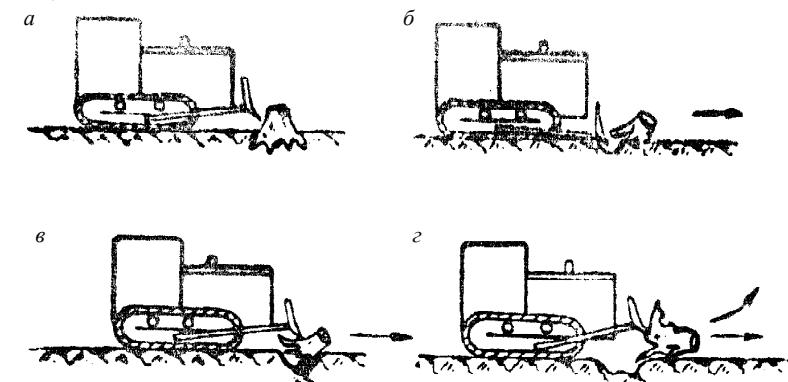


Рис. 7. Корчевка крупных пней бульдозером:  
а, б, в, г – последовательность операций

При корчевке пней могут использоваться взрывчатые вещества (рис. 8).

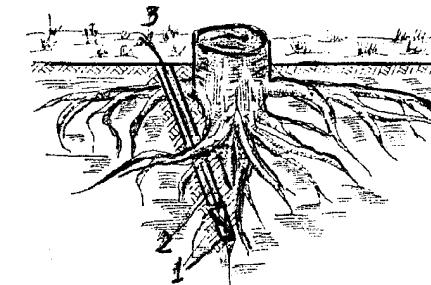


Рис. 8. Схемы расположения заряда при корчевке пней:  
1 – заряд; 2 – забойка; 3 – зажигательная трубка или  
детонирующий шнур

Взрывной метод особенно эффективен при корчевке крупных пней с прочной древесиной. При диаметре пней менее 25–30 см, при рыхлом, незамерзшем песчаном грунте и при гнильных пнях более целесообразно применять механические средства корчевки, а не взрывчатые вещества. Подрывание пней производят по 10–30 шт. за один раз по общим правилам, изложенным в специальной литературе. Количество взрывчатых веществ, необходимых для подрываия одного пня, устанавливается из расчета около 20 г ВВ (аммонита) на каждый сантиметр диаметра пня. При избытке ВВ вместо выброса часто наблюдается расщепление пня и образование большой воронки.

Расчистка дорожной полосы от кустарника осуществляется при помощи бульдозеров или кусторезов. При небольших объемах работ, а также на участках, где применение машин затруднено (изрезанный рельеф местности, крутой неровный косогор и т. д.), возможна вырубка кустарника вручную или удаление его при помощи ручных механических сучкорезов.

При использовании бульдозера растительный слой грунта срезается на глубину 15–20 см вместе с кустарником и мелкими деревьями. Диаметр срезаемых стволов может достигать при этом до 10–15 см и более. Нож отвала должен быть острым, иначе кустарник сминается, но не режется. Более быструю расчистку дорожной полосы от кустарника обеспечивает применение кусторезов, представляющих собой навесное оборудование к трактору. При работе кустореза нож отвала опускается до уровня земли. Срезка кустарника вместе с кочками и мелкими деревьями осуществляется при движении кустореза на первой или второй скорости.

Удаление камней производят в тех случаях, когда затрудняется механизированная разработка грунта в выемках, резервах и канавах. На участке насыпей крупные камни, во избежание неравномерной осадки грунта, удаляются при толщине слоя отсыпки над такими камнями менее 1,5 м. Камни объемом до 1 м<sup>3</sup> могут удаляться при помощи бульдозеров и корчевателей-собирателей с узким отвалом. Более крупные камни объемом до 1,5 м<sup>3</sup> могут удаляться тракторами с тросами. Камни крупнее 1,5 м<sup>3</sup> предварительно дробятся при помощи взрывчатых веществ. Раздробление крупных камней взрывами на куски меньшего размера производится также при удалении камней, утопленных в грунт, когда тягового усилия трактора недостаточно для извлечения камня целиком.

Транспортировка крупных камней за пределы полосы расчистки производится бульдозерами и тракторами с тросом. При использовании тракторов транспортировку камней целесообразно осуществлять на металлических листах. Мелкие камни диаметром до 30–50 см могут удаляться при помощи корчевателей-собирателей с широким отвалом или рыхлителей с тремя зубьями. В ряде случаев крупные камни могут не удаляться, а зарываться в открытые рядом ямы. Отрывка ям или котлованов с успехом может осуществляться бульдозерами. При засыпке камней грунт в полосе земляного полотна должен тщательно уплотняться.

Расчистка дорожной полосы организационно должна быть увязана с остальными работами по возведению земляного полотна и осуществляться темпами, обеспечивающими установленный темп основных работ. При больших объемах работ для расчистки дорожной полосы целесообразно выделять специальные механизированные отряды. При небольших объемах расчистка может осуществляться теми же отрядами, которые выполняют основные работы.

### 2.2.3. Разбивка земляного полотна

После расчистки дорожного полотна производится разбивка земляных работ. Разбивка состоит в закреплении на местности характерных точек, определяющих положение земляного полотна: оси полотна, сопряжения откосов насыпей и выемок с поверхностью земли, высоты насыпей, глубины выемок, ширины и глубины резервов, кюветов и т. д. Для сохранения разбивочных обозначений во время выполнения механизированных земляных работ все характерные знаки выносят на обрезы. Правильность очертаний полотна во время производства работ проверяется систематическими промерами и нивелировкой.

Высотная разбивка производится путем забивки колышев по оси полотна и выноски их не реже чем через 100 м на обрезы. На всех колышах выписываются рабочие отметки. На участках невысоких насыпей (примерно до 1,5 м) для удобства последующего контроля за отсыпкой полотна высотные колыша целесообразно выносить по обе стороны так, чтобы они располагались один против другого и имели высоту, равную высоте насыпи. На участках выемок и высоких насыпей, т. е. там, где это теряет практический смысл, колыша устанавливаются произвольной высоты. При высотной разбивке насыпей необходимо вносить поправки на устройство присыпных или полуприсыпных обочин, а также на естественную осадку грунта (если в процессе возведения полотна не была достигнута требуемая плотность). При устройстве корыта с присыпными обочинами (рис. 9) насыпь устраивается ниже проектной примерно на высоту обочины, точнее на величину  $x$ , и шире проектной на величину  $2mx$ :

$$x = \frac{h - (i_{ob} - i_k)a}{1 - mi_k},$$

где  $h$  – глубина корыта у его внутренней бровки, см;  $i_{ob}$  – уклон обочины, доли единицы;  $i_k$  – уклон корыта, доли единицы;  $a$  – ширина обочины, см;  $m$  – показатель заложения откоса.

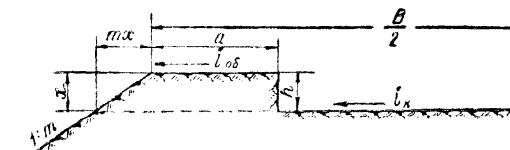


Рис. 9. Устройство корыта с присыпными обочинами

При устройстве корыта с полуприсыпными обочинами величина  $x$  может быть найдена из равенства объемов вырезаемого грунта в пределах корыта и присыпной части обочин.

После установления высотных отметок разбивка продолжается следующим образом. На участках профилировочных работ, выполняемых автогрейдерами, а также на участках работ грейдер-элеваторов через 10–50 м забиваются колья по наружным бровкам кювета и линиям первого зарезания. Внутренние бровки не разбиваются, так как установленные колья при первых же проходах машин оказались бы сбитыми. Поэтому в процессе производства работ ширина насыпи контролируется систематическими промерами. При большой срочности работ можно ограничиться забивкой кольев только по наружным бровкам кювета, при этом первое зарезание производят на расстоянии 15–30 см от выставленных кольев.

При разбивке насыпей и выемок, сооружаемых бульдозерами и скреперами, забивают колья по линии сопряжения откосов с поверхностью земли. Расстояние от оси насыпи до линии сопряжения  $C$  в равнинной местности (рис. 10) равно

$$C = \frac{B}{2} + mH,$$

где  $B$  – ширина земляного полотна;  $m$  – коэффициент крутизны откоса;  $H$  – высота насыпи.

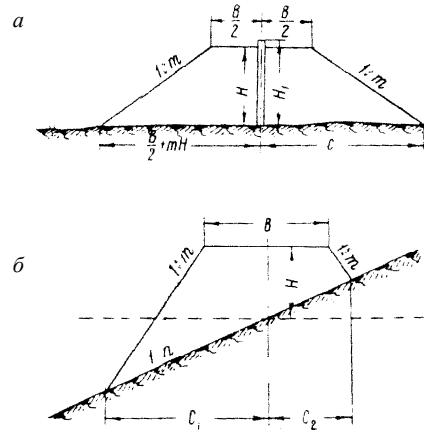


Рис. 10. Разбивка насыпи:  
а – на равнинной местности;  
б – на «равномерном» косогоре

На «равномерном» косогоре расстояние от оси до линии сопряжения в сторону низового откоса

$$C_1 = \frac{n}{n+m} \left( \frac{B}{2} + mH \right);$$

в сторону верхового откоса

$$C_2 = \frac{n}{n-m} \left( \frac{B}{2} + mH \right),$$

где  $n$  – коэффициент крутизны косогора.

При неравномерном косогоре  $C_1$  и  $C_2$  определяются графически по поперечным профилям, вычерченным в масштабе на миллиметровой бумаге.

При разбивке выемок (рис. 11) расстояние от оси выемки до линии сопряжения  $C'$  при равнинной местности равно

$$C' = \frac{B}{2} + k + mH,$$

где  $k$  – ширина кювета;  $H$  – глубина выемки.

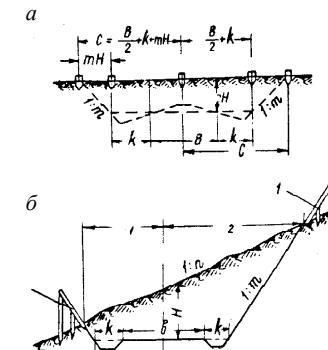


Рис. 11. Разбивка выемки:  
а – на равнинной местности;  
б – на «равномерном» косогоре:  
1 – откосные лекала

При равномерном косогоре расстояние от оси до линии сопряжения в сторону низового откоса

$$C'_1 \frac{n}{n+m} \left( \frac{B}{2} + k + mH \right);$$

в сторону верхового откоса –

$$C'_2 \frac{n}{n-m} \left( \frac{B}{2} + k + mH \right).$$

При неравномерном косогоре величины  $C'_1$  и  $C'_2$  определяются графически.

Для правильной отсыпки насыпей и разбивки выемок в характерных местах линии сопряжения откосов с поверхностью земли могут устанавливаться откосные лекала, показывающие направление откосов. Откосные лекала устраиваются из досок или жердей. Кроме неподвижных лекал, при разбивке земляного полотна и производстве земляных работ применяют также переносные шаблоны и лекала (рис. 12).

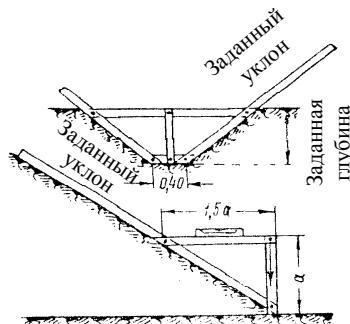


Рис. 12. Переносные шаблоны (лекала)

В конце возведения земляного полотна, когда отметки приближаются к проектным, производится повторная проверочная разбивка с инструментальным контролем очертаний полотна и выноской уточненных высотных отметок.

Высотные отметки осевых точек в местах переломов определяются при помощи нивелиров. Отметки же промежуточных точек на участках с равномерным уклоном могут определяться при помощи визирок. Комплект визирок состоит из двух простых и одной двойной. При проверке правильности уклона и выставлении высотных колес двойную визирку и одну простую устанавливают на смежных основных точках, отметки которых определены по нивелиру. Установка промежуточных высотных точек производится при помощи второй простой визирки (рис.13).

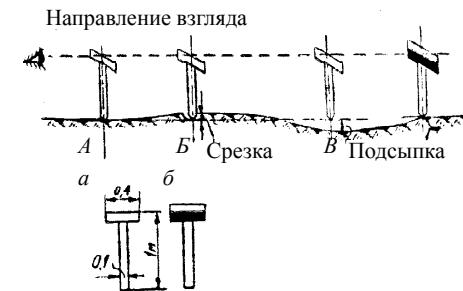


Рис. 13. Проверка правильности уклона визирками:  
а – простая визирка; б – двойная визирка; А, Г – точки, положение которых определено по нивелиру; Б, В – промежуточные точки, отметки которых определяются

В современных условиях для выполнения разбивочных работ могут быть использованы лазерные приборы. В настоящее время разработаны и выпускаются лазерные визиры, теодолиты, дальномеры. При использовании лазеров увеличивается точность измерений, дальность действия приборов, появляется возможность автоматизации инструментального контроля за ходом возведения земляного полотна и правильностью его очертаний. При разбивочных работах наиболее часто могут использоваться лазерные визиры, которые состоят из лазерного излучателя и приемника.

При помощи лазерного луча можно создать фиксированную и хорошо видимую оптическую ось, идя вдоль которой возможно выставлять высотные маяки, выверять положение элементов дороги и закреплять их на время производства работ. Лазерная техника позволяет осуществлять нивелированные работы не только горизонтальным, но и наклоненным лучом. При наличии соответствующей техники луч лазера может сканироваться в некотором угле или вращаться с помощью зеркал или призм. При этом создается не ось, а фиксированная «лазерная плоскость», используя которую можно осуществлять высотную разбивку элементов полотна.

#### 2.2.4. Прочие подготовительные работы

Как уже отмечалось, к числу подготовительных работ относится снятие растительного слоя (рис. 14), осушение территории будущих земляных работ, устройство временных дорог, срезка кочек, грубое выравнивание дорожной полосы на участках автогрейдерных работ, разборка строений и их фундаментов, заглубление или перенос кабелей связи и т. д.

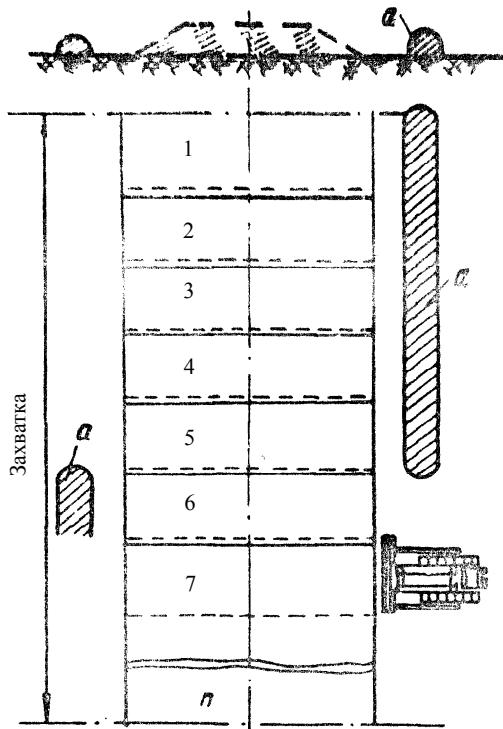


Рис. 14. Схема снятия бульдозером растительного грунта:  
1–7 – очередность проходов бульдозеров; а – вал растительного грунта

Все подготовительные работы должны выполняться так, чтобы к началу основных работ был подготовлен необходимый фронт для развертывания этих работ и созданы условия для обеспечения бесперебойной работы землеройных машин.

### Контрольные вопросы

1. Какие основные работы производятся на этапе организационно-технических мероприятий при подготовке к строительству?
2. Какие подготовительные работы производятся до начала и в ходе работ по возведению земляного полотна?
3. Как осуществляется восстановление и закрепление трассы и полосы отвода на местности?
4. Какими машинами и как производится расчистка дорожной полосы от леса, кустарника, пней и камней?

5. Как осуществляется разбивка земляного полотна на участках насыпей и выемок в равнинной и косогорной местности?
6. В каких случаях при разбивочных работах используются лазерные приборы?

## 3. ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

### 3.1. Общие положения

Земляные работы значительных объемов (как и другие виды дорожных работ) редко выполняются отдельными машинами или машинами одного вида. Обычно в этих условиях используются отряды и бригады, оснащенные специальными машинами. Кроме ведущих машин, т. е. тех, которые выполняют основные объемы работ, в строительном процессе используют вспомогательные машины и оборудование, обеспечивающие высокую производительность основных машин (навесные и прицепные рыхлители, кирковщики, различного рода толкачи и др.). В комплексных отрядах используют также машины и оборудование, необходимые для выполнения сопутствующих видов работ (катки, бульдозеры, автогрейдеры, планировщики откосов и др.). В ряде случаев для повышения эффективности труда в одном и том же звене используют и различные ведущие машины. Например, для возведения насыпей высотой более 2–3 м для устройства нижней части насыпи высотой до 1,0–1,5 м применяют бульдозеры, а верхнюю часть досыпают скреперами. Другой пример: при устройстве низких, но широких насыпей крайние части, примыкающие к обочинам, отсыпаются автогрейдерами, а средняя часть – скреперами. Таких примеров можно привести много.

Тем не менее, исходя из методологических соображений, ниже рассмотрим работу каждой ведущей машины отдельно<sup>1</sup>.

### 3.2. Возделение земляного полотна бульдозерами

При возведении земляного полотна бульдозеры используются, главным образом, для отсыпки насыпей высотой до 1,0–1,5 м из боковых резервов, а также для продольного перемещения грунта из выемок в насыпи при дальности до 30–50 м, а на уклонах в сторону перемещения грунта – до 70–100 м. Бульдозеры могут применяться для устройства полунасыпей-полувыемок на косогорах, неглубоких выемок (до 1–1,5 м) и для планировочных работ. При

<sup>1</sup> В данном учебном пособии работа грейдер-элеваторов не рассматривается, так как эти машины на северо-западе России не находят применения.

помощи этих машин могут разрабатываться все виды грунтов, в том числе и предварительно разрыхленные тяжелые полускальные и скальные. Лучше всего поддаются разработке грунты оптимальной влажности. При работе на сыпучих и вязких грунтах, в которых буксуют или вязнут гусеницы трактора, производительность бульдозеров сильно снижается.

В большинстве случаев бульдозеры используются для лобового перемещения грунта и лишь на специфических работах (устройство полунасыпей-полувыемок на косогорах, засыпка траншей и дренажных канав, планировочных и профилировочных работах и т. д.) при наличии универсальных машин целесообразно перемещать грунт в сторону, устанавливая отвал под углом к продольной оси машины.

Цикл работы бульдозера состоит из следующих технологических операций: зарезания, перемещения грунта, укладки грунта в насыпь; возвращения машины в забой на холостом ходу.

Одной из основных операций цикла является зарезание, которое должно осуществляться таким образом, чтобы перед отвалом набирался наибольший объем грунта при наименьшей затрате времени (рис. 15). Это достигается так называемым гребенчатым зарезанием, сущность которого заключается в том, что сначала отвал заглубляется на наибольшую глубину, затем, когда сопротивление резанию достигает максимальной величины, отвал несколько приподнимается, после чего производится новое заглубление и т. д. Для набора полного объема грунта на отвале зарезание выполняют обычно за три приема. При легких грунтах более целесообразно клиновое зарезание, при котором, после максимального заглубления, отвал медленно поднимается в соответствии с увеличивающейся нагрузкой на двигатель. Последующие зарезания производят, отступая каждый раз на 2–3 м назад от начала предыдущего пути набора. Оставшиеся гребни срезаются бульдозером или автогрейдером при зачистке резервов. При наборе грунта под уклон, а также в случае необходимости снятия стружки постоянной толщины при планировочных работах рекомендуется равномерное зарезание.

Чем толще снимаемая стружка, тем быстрее отвал заполняется грунтом. Грунт разрабатывается на первой передаче трактора и лишь легкие, сыпучие и сухие грунты можно разрабатывать на второй передаче.

При перемещении важно уменьшить потери грунта, скатывающегося по обе стороны отвала. Это достигается устройством на отвале боковых открылков или движением машины по одному и тому же пути. В последнем случае стенки образовавшихся траншей будут препятствовать скатыванию грунта с отвала. При лобовом перемещении грунта отвал целесообразно устанавливать в свободном («плавающем») положении, при котором он огибает неровности пути движения, не срезая их и, следовательно, не затрачивая

энергии на срезку дополнительной грунтовой стружки в процессе движения. Наибольшие потери грунта происходят при поворотах машины. Поэтому перемещать грунт следует, как правило, по прямой, по возможности под уклон, используя естественный рельеф местности.

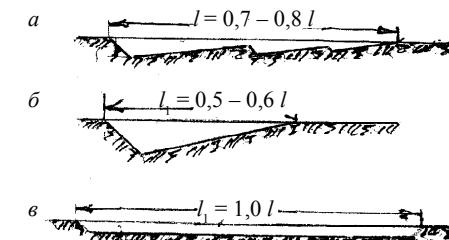


Рис. 15. Схемы зарезания грунта бульдозером:  
 а – гребенчатая; б – клиновая; в – равномерная;  
 $l$  – путь набора грунта при равномерном зарезании;  
 $l_1$  – путь набора грунта при других схемах зарезания

Наиболее эффективно гусеничные бульдозеры работают при уклонах 10–12°, хотя разрабатывать грунты можно на уклонах до 20–30°.

Производительность бульдозеров повышается при перемещении грунта двумя машинами (рис. 16), идущими рядом на расстоянии 0,3–0,5 м друг от друга (при связанных грунтах это расстояние может быть больше).

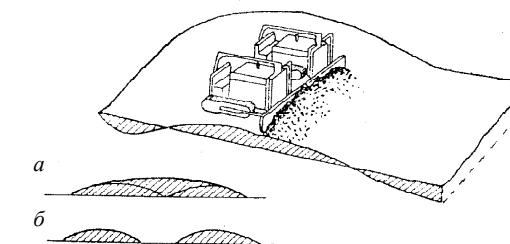


Рис. 16. Перемещение грунта двумя бульдозерами, идущими рядом (спаренная работа):  
 а – грунт, перемещаемый бульдозерами, идущими рядом;  
 б – грунт, перемещаемый бульдозерами, идущими один за другим

При такой работе потери грунта уменьшаются почти вдвое, а производительность возрастает примерно на 15–20 %. Однако совместная работа двух бульдозеров эффективна только при однотипных машинах и одинаковом их

техническом состоянии. В противном случае обе машины будут работать с темпом менее производительного бульдозера. Грунт в насыпь укладывается, как правило, послойно с разравниванием. Время на возвращение в забой должно быть минимальным.

На рис. 17 показана схема возведения насыпей высотой до 1 м из боковых резервов при разработке грунта отдельными траншеями. Каждая траншея, в зависимости от высоты насыпи и ширины резервов, образуется за один или несколько приемов. Валики оставшегося между траншеями грунта удаляются в последнюю очередь и используются для устройства обочин. Если имеются бульдозеры с открылками, грунт разрабатывают без оставления валиков с небольшим перекрытием следа.

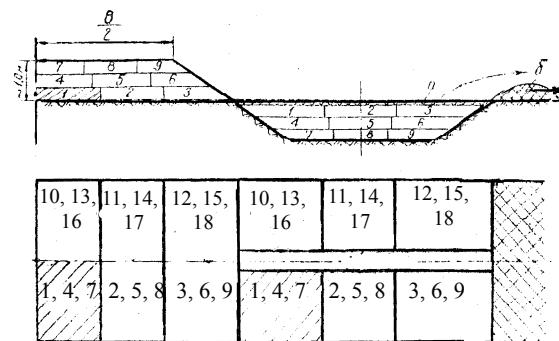


Рис. 17. Разработка выемки бульдозером отдельными траншеями.

Цифры показывают последовательность проходов бульдозера

Производительность бульдозера  $\Pi$ , как и любой другой машины цикличного действия, может быть определена в виде произведения количества рабочих циклов за смену на объем грунта, разрабатываемого за один цикл<sup>1</sup>

$$\Pi = \frac{3600 T_{\text{см}} k_{\text{в}}}{t_{\text{ц}}} g_{\text{г}} k_y (\text{м}^3/\text{смену}),$$

где  $T_{\text{см}}$  – продолжительность рабочей смены, ч;  $k_{\text{в}}$  – коэффициент использования сменного времени;  $t_{\text{ц}}$  – продолжительность одного цикла, с;

<sup>1</sup> В данном случае определяется производительность, близкая к технической. Для перехода к эксплуатационной производительности значения, полученные по расчету, рекомендуется умножать на коэффициент  $K_y$ , равный для бульдозеров 0,7; для экскаваторов при работе в отвал – 0,8, при работе на погрузку – 0,7; для автогрейдеров – 0,6; для автосамосвалов – 0,7; для кранов и катков – 0,75.

$g_{\text{г}}$  – объем грунта, перемещаемый за один рейс, в пересчете на плотное тело,  $\text{м}^3$ ;  $k_y$  – коэффициент условий выполнения работ.

Из формулы видно, что для повышения производительности бульдозера наряду с улучшением использования сменного времени (увеличением  $k_{\text{в}}$ ) необходимо по возможности увеличивать объем перемещаемого грунта  $g_{\text{г}}$  и сокращать время цикла  $t_{\text{ц}}$ . Увеличение  $g_{\text{г}}$  достигается установкой открылков, использованием гребенчатой или клиновой схемы зарезания, траншейной схемы перемещения и спаренной работой машин. Сокращение времени цикла связано с выбором рациональных схем разработки и перемещения грунта, хорошей заточкой ножа, производством работы при разрыхлении грунта (кроме песка).

### 3.3. Возведение земляного полотна скреперами

Среди машин, применяющихся для возведения земляного полотна, скрепер может выполнять почти все работы по отсыпке насыпей и устройству выемок: разработку грунта в резервах и карьерах, транспортировку и укладку его в насыпи или кавальеры, уплотнение при отсыпке и, наконец, грубые отделочные работы. Наиболее целесообразно скреперы применять при дальности перемещения грунта от 50 до 500 м, а самоходные скреперы большой емкости (более 6–8  $\text{м}^3$ ), особенно при работе под уклон и при больших расстояниях – от 100 до 1500–2500 м.

Скреперами можно разрабатывать любые нескальные грунты, за исключением переувлажненных, и грунтов, содержащих крупные камни и корни. Значительно снижается производительность при разработке липких и переувлажненных грунтов, так как затрудняется загрузка и особенно разгрузка скрепера, а также сухих песков. В этом случае тягач из-за плохого сцепления с грунтом не может развить достаточной тяги и ковш загружается не полностью. Недогрузка ковша происходит и потому, что сыпучий песок, плохо поступая в ковш, образует перед ним призму волочения в виде вала, на перемещение которого затрачивается значительная мощность тягача. Наибольшая выработка достигается на легких связных грунтах (супеси, легкие суглинки, растительный грунт и т. д.). Плотные грунты целесообразно предварительно разрыхлять, однако не до полного их измельчения, так как размельченный грунт хуже поступает в ковш, чем комковатый. В связи с этим при разрыхлении грунта достаточно ограничиваться нарезкой на глубину слоя зарезания отдельных борозд при помощи рыхлителей с тремя стойками.

Технологический процесс работы скреперов состоит из следующих операций: зарезание грунта с наполнением ковша; перемещение (транспор-

тировка) к месту разгрузки; разгрузка с укладкой грунта в насыпь или в отвалы и кавальеры; возвращение в забой (порожняком). Зарезание должно выполняться так, чтобы ковш загружался полностью при наименьшем пути набора и наибольшей скорости. Это достигается правильным положением рабочих органов скрепера, выбором рациональной формы срезаемой стружки, максимальным использованием мощности тягача.

Разработка грунта по глубине может производиться путем равномерного снятия стружки, клинового и гребенчатого зарезания (рис. 18). При равномерном снятии стружки длина пути набора грунта и продолжительность наполнения ковша наибольшие. Мощность тягача используется неравномерно, лишь в конце операции – полностью. Поэтому равномерное зарезание используется при снятии дерна, планировочных и им подобных работах. При клиновой схеме мощность тягача используется наиболее равномерно, путь набора и время заполнения ковша – наименьшие, поэтому клиновое зарезание является наиболее выгодным. Однако при разработке сравнительно плотных грунтов его практически выполнить трудно, поэтому чаще всего применяют гребенчатое зарезание.

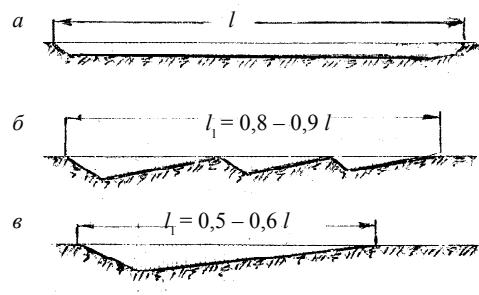


Рис. 18. Схема резания грунта скреперами:  
а – равномерное зарезание; б – гребенчатое зарезание;  
в – клиновое зарезание;  $l$  – путь набора грунта при  
равномерном зарезании;  $l_1$  – путь набора при других  
схемах резания. Во всех случаях объем срезаемого  
грунта одинаковый

Для уменьшения сопротивления грунта резанию поперечное сечение стружки нужно выбирать так, чтобы ее периметр был наименьшим. Это достигается использованием ребристого и шахматно-ребристого зарезания (рис. 19).

При ребристом зарезании на поверхности грунтового массива производится ряд зарезаний с зазорами, равными, примерно, половине ширины ков-

ша. Между разработанными полосами остаются гребни, которые удаляются затем при большем заглублении ножа скрепера. Получающаяся при этом Т-образная стружка имеет увеличенную площадь поперечного сечения при сохранении того же периметра резания.

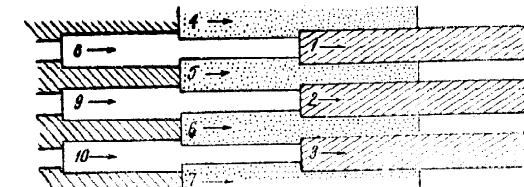


Рис. 19. Схема шахматно-ребристого зарезания

При шахматно-ребристом зарезании после ряда одиночных проходов производятся новые зарезания по оси оставшихся гребней с отступлением на половину пути резания.

В этом случае в начале набора грунта срезается стружка прямоугольной формы, затем, когда скрепер начинает снимать гребень, ковш больше заглубляется в грунт, и стружка приобретает Т-образную форму. Зарезание по этой схеме дает возможность увеличить коэффициент наполнения ковша на 10–15 % при сокращении времени на разработку также на 10–15 %.

Транспортировку грунта и возвращение скрепера в забой следует производить при максимально возможных скоростях. Однако для обеспечения этого условия и предотвращения повреждения материальной части необходимо систематически выравнивать транспортные пути автогрейдерами, бульдозерами или скреперами при обратном их движении.

Грунт в насыпь отсыпают ровными слоями, обязательно при движении скрепера. Отсыпку ведут от краев к середине. Толщина слоя отсыпки зависит от применяемых средств уплотнения. При лобовой отсыпке насыпей грунт разгружают кучами на расстоянии 6–10 м, дальнейшая сдвижка грунта под откос производится бульдозерами.

Схемы движения скрепера зависят от характера работы (рис. 20). При возведении насыпей из боковых резервов основными схемами движения являются кольцевая, восьмеркой, зигзагообразная, по спирали.

По сравнению с другими, кольцевая схема характеризуется наибольшим количеством поворотов скреперов в груженом состоянии, поэтому она используется лишь при небольшом фронте работы (до 70–100 м).

При схеме восьмеркой за один замкнутый ход совершаются два рабочих цикла, количество поворотов с грузом по сравнению с кольцевой схемой уменьшается вдвое, попеременное движение в разные стороны создает более благоприятные условия для разработки грунта.

благоприятные условия для работы ходовых частей скрепера и трактора. Дальнейшим развитием «восьмерки» является зигзагообразная схема. При этой схеме количество поворотов скрепера с грунтом уменьшается еще в большей степени, что делает ее весьма выгодной при разработке резервов большой протяженности. Однако в этом случае несколько затрудняется управление работой скреперов и контроль выработки. Кроме того, при плотных грунтах необходимо производить рыхление на большой площади, что в жаркую погоду может привести к пересыханию грунта, а в ненастную – к его избыточному увлажнению. Таким образом, выбор схемы зависит от целого ряда местных условий. Практически при достаточном фронте работы наиболее часто используют движение по восьмерке, реже зигзагообразную схему.

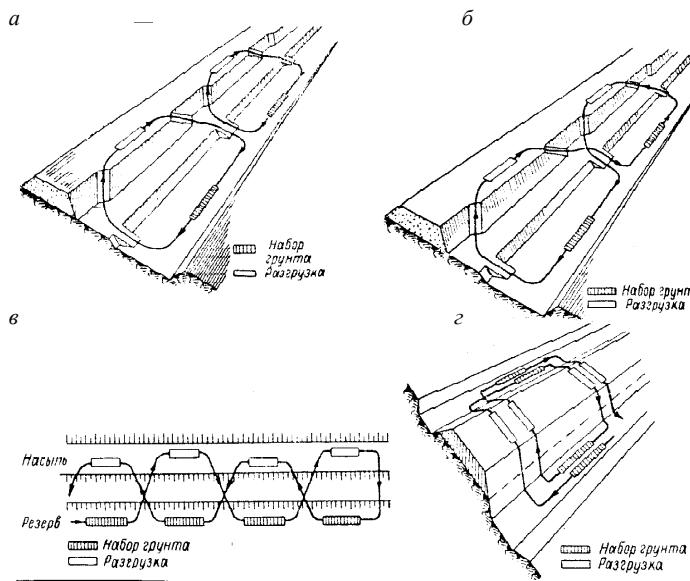


Рис. 20. Схемы движения скреперов:  
а – кольцевая; б – по восьмерке; в – зигзагообразная; г – по спирали

Существует целый ряд разновидностей указанных схем. Так, когда ширина насыпи соответствует длине пути разгрузки или больше ее, а разность отметок насыпи и резерва не превышает 2,5–3 м, можно применять схему движения по спирали. Недостатком этой схемы является малое уплотнение грунта скрепером. При большом фронте работ возможна зигзагообразная схема движения при переменной разработке обоих резервов и поперечной отсыпке грунта в насыпь.

Грунт из выемок в насыпь перемещается продольными проходами с разворотами в концах участка. При разработке коротких выемок транспортировка грунта может осуществляться сквозными проходками в две насыпи. При разработке же крайних частей длинных выемок более выгодным может оказаться раздельное движение скреперов. Рациональность той или другой схемы определяется путем сравнения продолжительности рабочего цикла при разных схемах. Так же решается вопрос о целесообразности перемещения грунта из двух выемок в одну насыпь при сквозных или раздельных проходах.

Производительность скреперов ( $\text{м}^3/\text{смена}$ ) определяется по формуле

$$\Pi = \frac{3600 T_{\text{см}} k_B g k_H}{t_{\text{ц}} k_p} k_y,$$

где  $T_{\text{см}}$  – продолжительность рабочей смены, ч;  $g$  – геометрическая емкость ковша,  $\text{м}^3$ ;  $k_H$  – коэффициент наполнения ковша (равен частному от деления фактического объема грунта в ковше на геометрическую емкость ковша); при благоприятных условиях  $k_H$  может достигать 1,1–1,25;  $k_y$  – коэффициент условий выполнения работ;  $k_B$  – коэффициент использования сменного времени;  $k_p$  – коэффициент разрыхления грунта;  $t_{\text{ц}}$  – продолжительность рабочего цикла, с.

Продолжительность рабочего цикла:

$$t_{\text{ц}} = \frac{l_3}{v_3} + \frac{l_{\text{п}}}{v_{\text{п}}} + \frac{l_0}{v_0} + \frac{l_{\text{об}}}{v_{\text{об}}} + t_{\text{п.с}} + t_{\text{раз}},$$

где  $l_3$ ,  $l_{\text{п}}$ ,  $l_0$ ,  $l_{\text{об}}$  – длина пути зарезания, перемещения, отсыпки и возвращения в забой, м;  $v_3$ ,  $v_{\text{п}}$ ,  $v_0$ ,  $v_{\text{об}}$  – скорости движения при соответствующих операциях,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $t_{\text{п.с}}$  – время переключения скоростей, с;  $t_{\text{раз}}$  – время на развороты (повороты), с.

Для повышения производительности скреперов необходимо наиболее полно использовать сменное время за счет исключения организационных задержек, обеспечить движение скрепера к месту отсыпки грунта и обратно в забой на максимальных по дорожным условиям скоростях, выбрать наиболее рациональные схемы разработки грунта и организации движения. Большое

повышение производительности достигается при работе скреперов под уклон в направлении перемещения грунта (уклоны не должны превышать для прицепных скреперов  $10^\circ$  при загрузке и  $25^\circ$  – при перемещении). Следует избегать больших и, главное, затяжных подъемов (более  $6\text{--}7^\circ$ ). При работе 4–5 скреперов на одном участке целесообразно использовать дополнительно тракторы для подталкивания скреперов в момент загрузки. Это резко ускоряет загрузку ковша и повышает коэффициент его наполнения. При самоходных скреперах применение толкачей обязательно. Один трактор-тягач может обслужить до 5 скреперов, работающих в одном месте. При наличии самоходных скреперов может оказаться целесообразной их попарная загрузка. В этом случае попеременно каждая из машин помогает другой при зарезании.

### 3.4. Возвведение земляного полотна экскаваторами

Экскаваторы находят широкое применение при выполнении сосредоточенных земляных работ больших объемов и преимущественно используются:

- для устройства глубоких выемок с транспортировкой грунта в насыпи или отвалы;
- возведения насыпей с доставкой грунта из карьеров или выемок;
- разработки выемок и полувыемок на косогорах.

При помощи экскаваторов могут разрабатываться любые грунты, в том числе и разрыхленные скальные.

Устройство выемок экскаватором, оборудованным прямой лопатой, ведется путем продольных или лобовых проходок. В первом случае выемка разрабатывается на всю длину продольными сквозными проходками с погрузкой грунта на транспортные средства, пути движения которых располагаются сбоку, параллельно движению экскаватора (рис. 21). При втором способе разработка осуществляется лобовыми проходками при максимально возможной высоте забоя, а транспорт подходит к экскаватору сзади по дну траншеи.

Выбор схемы зависит от ряда местных условий: длины и глубины выемки, типа машин, рельефа местности и пр. При устройстве длинных выемок и ограниченном количестве транспортных средств разработку лучше вести сквозными проходками. В этом случае создаются наиболее благоприятные условия в пределах траншеи. При устройстве коротких и глубоких выемок, особенно мощными экскаваторами, образующими за собой широкие траншеи, может оказаться целесообразной лобовая разработка, так как увеличение времени цикла транспортных средств за счет маневрирования в траншеях (вследствие небольшого протяжения последних) будет не существенным, а количество отдельных проходок из-за увеличения их глубины значительно сократится.

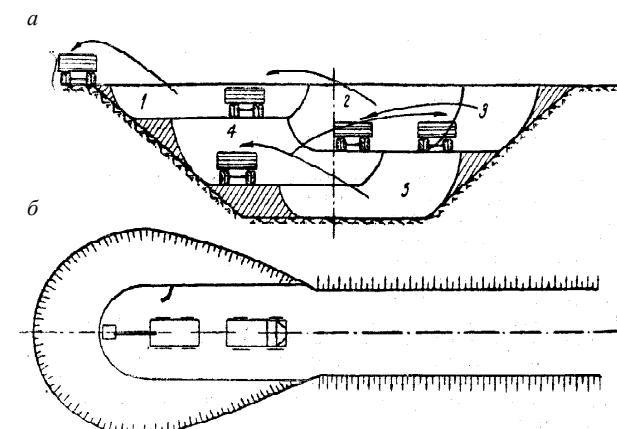


Рис. 21. Схема разработки выемки экскаватором:  
а – сквозными проходами; б – лобовыми проходами (цифрами показана последовательность проходок)

Глубина и ширина отдельных проходок зависят от типа экскаватора, вида транспортных средств, характера грунта и принятой схемы работ.

При разработке грунта продольными проходками путь движения экскаватора может находиться ниже пути движения транспортных средств на величину  $h_1$ , определяемую из условия (рис. 22):

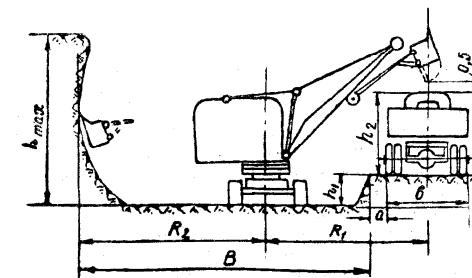


Рис. 22. Основные данные для расчета ширины и глубины сквозной проходки

$$h_1 + h_2 + 0,5 \leq H,$$

где  $h_2$  – высота транспортных средств;  $H$  – наибольшая высота разгрузки экскаватора данного типа; 0,5 м – расстояние между днищем ковша экскаватора и верхом транспортных средств, назначаемое по условиям безопасности про-

изводства работ, как запас на неровности пути и поверхности высыпаемого грунта

При расположении транспортных средств и экскаватора в одном уровне максимальная высота забоя определяется условиями безопасности работ. В сыпучих грунтах (песок, рыхлый гравий, дресва и т. д.) максимальная высота забоя  $h_{\max}$  не ограничивается. При разработке связных грунтов максимальная высота резания определяется так, чтобы при большей высоте верхняя часть забоя не зависала, образуя козырек, что может привести к обвалам.

Каждому типу экскаватора соответствует определенная рациональная (нормальная) высота забоя, при которой заполнение ковша происходит за одно черпание. Данные о нормальной и максимальной высотах забоя для связных сухих грунтов приводятся в табл. 2.

Таблица 2

#### Высота забоев при экскаваторной разработке грунта

Емкость ковша, м <sup>3</sup>	Высота забоя, м	
	нормальная	максимальная
0,25	1,3–3,5	4,5–5,5
0,5	1,4–4,4	5,0–6,0
1,0	1,5–5,7	6,0–7,0

*Примечание.* Меньшие показатели высоты забоя относятся к легким грунтам, большие – к тяжелым.

Максимальная ширина траншей  $B$  при продольных проходках определяется из условия

$$B = R_1 + R_2 - (a + b/2),$$

где  $R_1$  – максимальный радиус разгрузки,  $R_2$  – максимальный радиус резания;  $b$  – ширина колесного хода транспортных средств;  $a$  – расстояние от края площадки до крайнего в траншее колеса (ориентировочно  $a = 1\text{ м}$  – при связных грунтах и  $a = 1,5\text{ м}$  – при песчаных грунтах). При лобовых проходках максимальная ширина траншеи  $B = 2R_2$ .

При разработке выемок сквозными проходками (см. рис. 21) первая проходка сравнительно небольшой глубины (исходя из высоты разгрузки экскаватора) наиболее часто делается у бровки будущей выемки, вторая делается глубже, так как транспортный путь может проходить при этом по дну первой траншеи.

Глубина этой траншеи определяется, с одной стороны, высотой разгрузки ковша, с другой – максимальной для данного экскаватора высотой забоя. Третья проходка при связных грунтах устраивается обычно той же глубины, что и вторая, так как высота забоя к этому времени достигает уже максимальной величины. Транспортный путь располагается по дну второй траншеи. Остальные проходки видны из схемы. Стрела экскаватора устанавливается обычно под углом  $45^\circ$  или  $60^\circ$ . При установке стрелы под большим углом проходки будут получаться более глубокими, но меньшей ширины. Схему разработки и угол наклона стрелы выбирают обычно так, чтобы объем недобранного грунта на откосах и на подошве выемки был наименьшим.

В тех случаях, когда у основания выемки остается слой недобранного грунта толщиной меньше нормальной высоты забоя, разработку целесообразно начинать с устройства пионерной траншеи, которая при дальнейшей работе могла бы служить транспортным путем (рис. 23). Глубина такой траншеи должна быть равна толщине остающегося слоя. В этом случае все последующие проходки опускаются на глубину пионерной траншеи и выемка будет разработана полностью. Пионерная траншея может быть отрыта экскаватором «навымет», т. е. с отсыпкой грунта по сторонам, или же при помощи других землеройных машин. Следует отметить, что устройство пионерных траншей рекомендуется также для выравнивания транспортных путей.

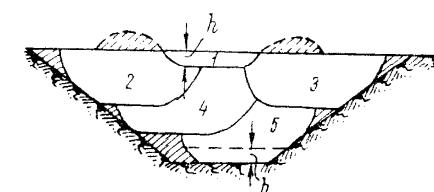


Рис. 23. Схема разработки выемки с устройством пионерной траншеи (цифрами указана последовательность проходок):  $h$  – глубина пионерной траншеи

Для возведения насыпей и устройства выемок, кроме экскаваторов, оборудованных прямой и обратной лопатами, могут использоваться экскаваторы с канатно-ковшовым оборудованием (драглайны). Их применение эффективно лишь при наличии легких и средних грунтов и достаточном фронте работ, обеспечивающем свободу маневра машины и транспортных средств. Производительность таких экскаваторов при работе на транспорте на 10–15 % ниже, чем однотипных машин, оборудованных прямой лопатой. Значительно эффективнее их применение для перемещения грунта в отвал.

Производительность экскаваторов  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/смену, оборудованных прямой лопатой, может определяться по формуле

$$\Pi = \frac{60T_{\text{см}}n_{\text{ц}}gk_{\text{в}}k_{\text{н}}}{k_{\text{р}}} k_y,$$

где  $T_{\text{см}}$  – продолжительность смены, ч;  $n_{\text{ц}}$  – практическое число циклов в минуту;  $g$  – геометрическая емкость ковша, м<sup>3</sup>;  $k_{\text{в}}$  – коэффициент использования сменного времени; при работе в отвал  $k_{\text{в}} = 0,75–0,85$ ; при работе на транспорт  $k_{\text{в}} = 0,65–0,75$ ;  $k_{\text{н}}$  – коэффициент наполнения ковша; для средних и тяжелых грунтов  $k_{\text{н}} = 1,0–0,8$ ; для легких грунтов  $k_{\text{н}} = 1,0–1,2$ ; для сыпучих грунтов  $k_{\text{н}} \approx 0,8$ ;  $k_y$  – коэффициент условий выполнения работ;  $k_{\text{р}}$  – коэффициент разрыхления грунта.

Для повышения производительности при разработке легких грунтов стандартный ковш может быть заменен облегченным ковшом большей емкости. Так, наряду со стандартным ковшом емкостью 0,5 м<sup>3</sup> может применяться облегченный ковш емкостью 1 м<sup>3</sup>. Для уменьшения времени цикла возможно совмещение по времени поворота ковша к месту разгрузки, его подъем и выдвижение рукояти на высоту разгрузки, а также поворот ковша к месту черпания, его опускание и подтягивание рукояти. Большое значение имеет уменьшение угла поворота между местом зарезания и местом разгрузки, что достигается размещением транспортных средств сбоку, а не сзади экскаватора.

Однако решающим условием эффективной работы экскаватора является своевременная подача транспортных средств.

Количество автосамосвалов, необходимое для непрерывной работы экскаватора, может быть определено по формуле

$$N = \frac{t_{\text{ц}}}{t_{\text{погр}}},$$

где  $t_{\text{ц}}$  – время полного цикла автомобиля-самосвала;  $t_{\text{погр}}$  – время погрузки одного автомобиля-самосвала.

Для эффективного использования экскаваторов и транспортных средств емкость кузова автомобиля должна быть в 3–5 раз больше объема ковша экскава-

тора. Для обеспечения высокой производительности транспортных средств большое внимание должно уделяться поддержанию дорог в хорошем состоянии.

### 3.5. Возведение земляного полотна автогрейдерами

При возведении земляного полотна автогрейдеры применяются преимущественно для профилирования, т. е. для постройки дорог с нулевыми или очень небольшими (до 0,25–0,30 м) рабочими отметками. В отдельных случаях автогрейдеры могут использоваться для постройки земляного полотна при высоте насыпи до 0,75–1,0 м, однако производительность машин в этом случае очень низка. Наиболее целесообразно применение автогрейдеров для разработки легких и средних грунтов на ровных участках местности при наличии большого фронта работ.

Профилирование в основном сводится к последовательным продольным зарезаниям грунта в полосе кюветов и поперечным перемещениям его к оси земляного полотна. Технологический процесс состоит из следующих операций:

- снятие дернового покрова (когда это требуется);
- пробивка линии первого зарезания,
- резание грунта в резерве;
- перемещение и укладка грунта в насыпь;
- послойное уплотнение грунта;
- окончательная планировка насыпи и резервов.

Для успешной работы автогрейдера требуется правильная установка ножа, характеризуемая углами захвата, резания и наклона (рис. 24).

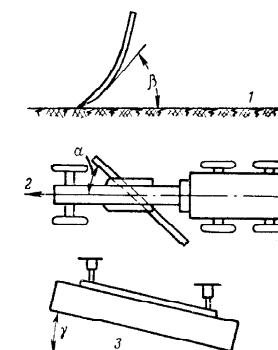


Рис. 24. Углы установки ножа автогрейдера:

$\alpha$  – захвата;  $\beta$  – резания;  $\gamma$  – наклона;  
1 – поверхность земли; 2 – направление  
движения; 3 – линия горизонта

Пробивка линии первого зарезания является очень ответственной операцией, так как от очертания первой борозды зависят все последующие проходки. Пробивку обычно делают путем зарезания вдоль кольев, обозначающих линию первого зарезания.

Грунт в резерве или кювете разрабатывается от наружной или внутренней бровки. Следует отметить, что порядок разработки оказывает некоторое влияние на поперечное сечение стружки грунта. При резании от наружной бровки стружка грунта получается треугольного сечения (рис. 25), а при разработке от внутренней – стружка такого сечения бывает только при первом проходе, при всех же последующих проходах она имеет очертание, близкое к прямоугольному.

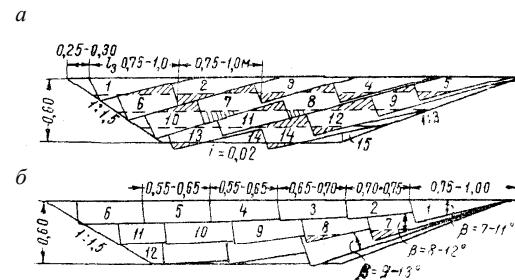


Рис. 25. Схема разработки грунта автогрейдером среднего типа:  
 а – от наружной бровки; б – от внутренней бровки

Как известно, при равном периметре резания площадь поперечного сечения прямоугольной стружки больше треугольной. Это делает работу по зарезанию от внутренней бровки более продуктивной, что сказывается и на числе проходов на зарезание. Кроме того, при разработке от внутренней бровки отпадает необходимость выравнивания поверхности после удаления каждого слоя, так как поверхность получается почти ровной. Наконец, в этом случае грунт можно предварительно разрыхлять по всей площади резерва, тогда как при разработке от наружной бровки разрыхление может опережать каждое зарезание только на один проход, иначе грунт придется перемещать по разрыхленной поверхности.

Суммируя сказанное, можно сделать вывод, что при глубоких и широких резервах (что бывает сравнительно редко) грунт лучше разрабатывать от внутренней бровки. На участках же профилирования, где боковые канавы имеют незначительную глубину, а число проходов на зарезание редко превышает 5–6, разработку следует вести от внешней бровки, тем более что в этом случае перемещение вырезанного грунта более удобное.

После каждого зарезания вырезанный грунт следует перемещать до места укладки<sup>1</sup>.

Если высота насыпи не превышает 0,3–0,4 м в плотном теле, грунт укладывается в насыпь «вприжим» (рис. 26) или с последовательным разравниванием. При возведении более высоких насыпей, когда необходимо послойное уплотнение, укладка грунта производится вразбежку (одиночными валами, или «вполуприжим»). В первом случае толщина слоя получится примерно равной 0,2–0,3 м, во втором – 0,3–0,45 м. Выбор схемы зависит от имеющихся средств уплотнения.

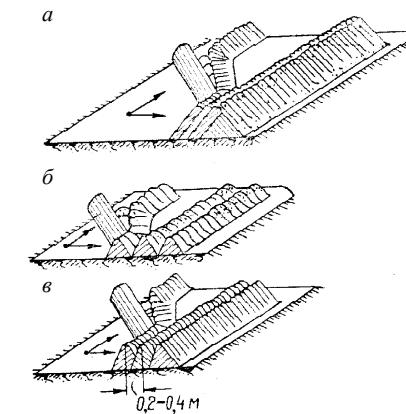


Рис. 26. Схема укладки грунта в насыпь:  
 а – «вприжим»; б – вразбежку (одиночными валами);  
 в – «вполуприжим»

При необходимости одновременно с возведением земляного полотна может устраиваться корыто.

Профилирование земляного полотна и возведение насыпей производится при движении автогрейдеров круговыми проходами. Оптимальная длина захватки (рабочего участка) составляет 500–1000 м. Длина ее уточняется в зависимости от расположения на трассе искусственных сооружений и участков работ других машин. По возможности, длина одного или нескольких участков должна соответствовать дневной выработке бригады, чтобы к концу рабочего дня получился законченный участок.

При наличии нескольких автогрейдеров один из них (наиболее тяжелые) следует использовать только на зарезании, другие (более легкие и подвижные) – на перемещении грунта.

<sup>1</sup> Грунт, вырезанный при первом и втором проходах, часто целесообразно перемещать а один раз, поскольку объем стружки при первых проходах несколько меньше, чем при последующих.

Возможен и другой вариант, когда до определенной высоты насыпь соружается автогрейдерами, а до рабочих отметок она доводится скреперами и бульдозерами путем подсыпки грунта в пониженные места. Досыпка грунта при помощи скреперов и бульдозеров может потребоваться также в местах стыков рабочих захваток.

Для обеспечения правильной последовательности выполнения работ при различных операциях может осуществляться специальный графоаналитический расчет и составление схемы профилирования.

Схемы профилирования составляются в следующем порядке:

- определяется площадь поперечного сечения боковой канавы  $w$ ;
- определяется число проходов  $n_3$  на вырезание всего грунта из канавы

$$n_3 = \frac{w k_3}{f},$$

где  $k_3$  – коэффициент перекрытия проходов при резании грунта;  $k_3 = 1,25 – 1,7$ ;  $f$  – площадь поперечного сечения стружки грунта, вырезаемой при проходе автогрейдера;

- определяется число проходов на перемещение  $n_{\pi}$ :

$$n_{\pi} = \frac{L k_{\pi} n_3}{l_{\pi}},$$

где  $L$  – расстояние от центра тяжести половины сечения насыпи до центра тяжести поперечного сечения канавы;  $k_{\pi}$  – коэффициент перекрытия проходов при перемещениях грунта;  $k_{\pi} = 1,1–1,3$ ;  $l_{\pi}$  – дальность перемещения грунта за один проход автогрейдера;

- определяется общее число проходов  $n$ :

$$n = n_3 + n_{\pi} + n_{\text{отд}},$$

где  $n_{\text{отд}}$  – количество проходов автогрейдера на отделку откосов (2–3 прохода);

- вычерчивается графическая схема профилирования (при необходимости).

Схема вычерчивается в определенном масштабе, чтобы был ясен характер работы автогрейдера при каждом его проходе (рис. 27).

Как следует из анализа схемы профилирования, число проходов автогрейдера зависит от глубины и ширины боковых канав или резерва, от ширины земляного полотна, длины ножа грейдера и группы грунта.

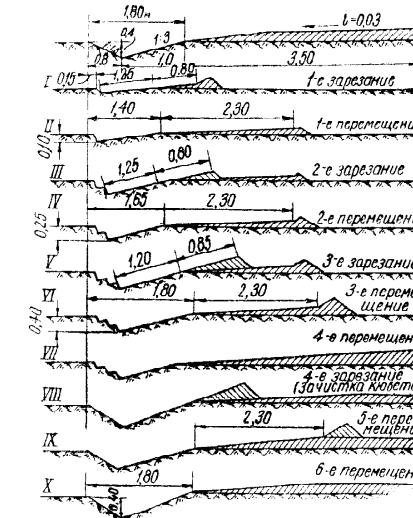


Рис. 27. Примерная схема профилирования

Производительность автогрейдера  $\Pi$ , пог. м/смену, может быть определена по формуле

$$\Pi = \frac{T_{\text{см}} k_{\text{в}} a k_y}{t},$$

где  $T_{\text{см}}$  – продолжительность рабочей смены, ч;  $k_{\text{в}}$  – коэффициент использования сменного времени;  $a$  – длина захвата (рабочего участка), м;  $t$  – общее время, необходимое для возведения полотна на одном рабочем участке;  $k_y$  – коэффициент условий выполнения работ.

После подстановки развернутого значения  $t$  формула примет вид<sup>2</sup>

$$\Pi = \frac{T k_{\text{в}} a k_y}{2 \left[ a \left( \frac{n_3}{v_3} + \frac{n_{\pi}}{v_{\pi}} + \frac{n_p}{v_p} \right) + t_{\text{пов}} (n_3 + n_{\pi} + n_p) \right]},$$

<sup>2</sup> При необходимости определения производительности в м<sup>3</sup>/смену в числитель формулы вводится дополнительный член  $F$  – площадь сечения насыпи в м<sup>2</sup>.

где  $n_3$ ,  $n_{\Pi}$ ,  $n_p$  – число проходов на зарезание, перемещение и разравнивание грунта;  $v_3$ ,  $v_{\Pi}$ ,  $v_p$  – скорости, соответствующие этим проходам, м/ч;  $t_{\text{пов}}$  – время на один поворот машины, ч.

Анализ приведенной формулы свидетельствует о том, что повышение производительности автогрейдеров связано с увеличением длины рабочих участков и, следовательно, с сокращением непроизводительного времени на развороты в концах участка, повышением скоростей выполнения отдельных операций, снижением по возможности числа проходов и наиболее полным использованием времени в течение рабочей смены.

Повышение эффективности при зарезании обеспечивается правильной установкой углов захвата и резания, своевременной заточкой ножа, рыхлением грунта II и III групп (кроме песка), рациональной схемой резания, когда форма стружки приближается к прямоугольной. Повышение эффективности при перемещении грунта достигается применением удлинителей и правильной установкой ножа, когда при наибольшем угле захвата обеспечивается высокая скорость движения машины и равномерное поперечное смещение грунта вдоль отвала без пересыпания через него. При этом не должна допускаться дополнительная срезка грунта, так как даже небольшая по толщине стружка (толщиной в 2–5 см) резко уменьшает скорость автогрейдера, не увеличивая существенно объем перемещаемого грунта.

Земляное полотно на участках значительного протяжения даже на равнинной местности редко имеет одинаковые рабочие отметки. Это обстоятельство при организации грейдерных работ следует иметь в виду. Учитывая, что при помощи грейдеров сравнительно легко можно отсыпать насыпи по обертывающему профилю, но трудно осуществлять местные подсыпки и срезки, рекомендуется до начала грейдерных работ при помощи скреперов и бульдозеров произвести грубое выравнивание дорожной полосы и лишь затем приступить к основным работам.

### Контрольные вопросы

1. Чем отличаются механизированные, комплексно-механизированные и автоматизированные земляные работы?
2. В каких условиях производства работ наиболее целесообразно использовать бульдозеры? Из каких элементов состоит цикл бульдозерных работ и как рационально их осуществлять?
3. Сформулируйте условия наиболее рационального использования скреперов. Какие схемы и приемы работ обеспечивают наибольший эффект скреперных работ?

4. В каких случаях целесообразно использование экскаваторов с различным рабочим оборудованием? Как обеспечить наибольшую производительность при экскаваторных работах?
5. Как осуществляются экскаваторные работы с устройством пионерных траншей?
6. При каких работах целесообразно использовать автогрейдеры? Как определить необходимое количество проходов автогрейдера при зарезаниях, перемещениях и отделочных работах? Пути повышения производительности автогрейдеров.
7. Как определить производительность землеройных машин по ЕНиР и формулам? Как перейти от технических производительностей, определяемых по формулам, к эксплуатационным показателям?
8. В каких случаях целесообразно комплексное использование различных машин?

## 4. УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

### 4.1. Общие сведения. Требования к плотности грунтов

Прочность и устойчивость земляного полотна и особенно грунтовых оснований дорожных покрытий в большой степени зависят от степени уплотнения грунтов. Чем тщательнее уплотнено земляное полотно, тем более высокое сопротивление оказывает оно внешним нагрузкам и тем менее изменяются его свойства в переменных условиях увлажнения. Необходимость уплотнения насыпного грунта вызывается его разрыхлением при разработке. В результате разрыхления происходит резкое ухудшение строительных свойств грунта: повышается его сжимаемость под нагрузкой, снижается сопротивление сдвигу, повышается водопроницаемость и влагоемкость.

Распределение вертикальных давлений  $\delta$  в теле земляного полотна показано на рис. 28, из которого видно, что в верхних слоях земляного полотна при наличии дорожной одежды суммарное вертикальное давление от внешней нагрузки и собственной массы грунта составляет 0,15–0,35 МПа (при отсутствии дорожной одежды давление может достигать 0,5–0,7 МПа). В более глубоких слоях давление быстро падает и на глубине 1–1,5 м не превышает 0,05–0,08 МПа. На глубине 5 м за счет собственного веса грунта оно снова достигает величины ~0,1 МПа, а на глубине 10 м – 0,2 МПа. Однако следует иметь в виду, что в верхней части земляного полотна давление действует не постоянно, а лишь периодически, в связи с наличием временной нагрузки, тогда как в нижней части оно вызывается массой земляного полотна и действует поэтому постоянно.

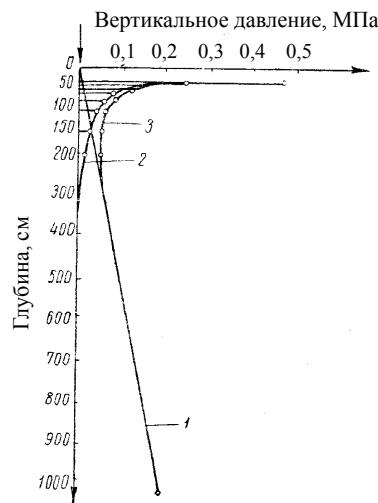


Рис. 28. Распределение вертикальных давлений в теле земляного полотна:  
1 – давление от соответствующей массы грунта;  
2 – давление от временной нагрузки; 3 – суммарное давление

Следовательно, уплотнение грунтов должно быть различным по высоте насыпи с учетом фактических условий работы земляного полотна. Наибольшее уплотнение должно быть в верхних слоях насыпи, где возникают максимальные напряжения от временной нагрузки, а также в нижних слоях высоких насыпей, где действуют большие напряжения от собственной массы грунта.

Требуемая плотность грунта  $\delta$  определяется как доля оптимальной плотности  $\delta_o$ , устанавливаемой методом стандартного уплотнения,

$$\delta = K_y \delta_o,$$

где  $K_y$  – коэффициент уплотнения<sup>1</sup>.

В табл. 3 приведены коэффициенты необходимого уплотнения грунтов при строительстве автомобильных дорог, не допускающие осадок насыпи и обеспечивающие высокие значения модулей упругости.

На степень уплотнения грунта большое влияние оказывает его влажность. Если грунт уплотнять при влажности меньшей, чем оптимальная, то работа, затрачиваемая на это, значительно увеличивается. Если влажность грунта выше оптимальной, то достаточное уплотнение (до просыхания грун-

та) часто осуществить невозможно. Следует также иметь в виду, что грунт, уплотненный при оптимальной влажности, обладает лучшей водоустойчивостью, лучше сохраняет свою плотность и прочность при последующем увлажнении в эксплуатационных условиях. Поэтому уплотнение грунтов нужно производить, как правило, при оптимальной влажности. Существующие исследования свидетельствуют, что возможное превышение влажности больше оптимальной предельно составляет для песков 1,3–1,6 %, для супесей и легких суглинков 1,1–1,5 %, для тяжелых суглинков и глин 1,0–1,3 %.

Таблица 3

#### Необходимая плотность грунта

Элементы земляного полотна	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	Наименьший коэффициент уплотнения грунта при типе дорожных одежд					
		капитальном		облегченном и переходном			
		в дорожно-климатических зонах					
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
Неподтопляемая часть насыпи	Св. 1,5 до 6	0,95–0,93	0,95	0,95	0,93	0,95	0,90
	Св. 6	0,95	0,98	0,95	0,93	0,95	0,90
Подтопляемая часть насыпи	Св. 1,5 до 6	0,96–0,95	0,98–0,95	0,95	0,95–0,93	0,95	0,95
	Св. 6	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 сохранения оптимальной влажности уплотнение следует производить сразу же после разработки и разравнивания грунта, который в резервах и выемках в большинстве случаев имеет влажность, близкую к оптимальной. При недостаточной влажности грунта требуется или дополнительная его по-

<sup>1</sup> Не путать  $K_y$  с  $K_{oy}$  (коэффициент относительного уплотнения).

ливка водой, или применение более тяжелых уплотняющих средств. Искусственная поливка организуется с таким расчетом, чтобы влажность грунта по всей толщине слоя была возможно ближе к оптимальной.

При избыточной влажности требуется подсушка в хорошую погоду, которая производится перелопачиванием грунта в валиках автогрейдерами и универсальными бульдозерами. Снижения влажности можно достигнуть также путем добавления к грунту водосвязывающих материалов (негашеной извести, жженой магнезии и др. – 1,5–2 % по весу) или перемешиванием местного грунта с привозным, влажность которого ниже оптимальной.

## 4.2. Технология уплотнения грунтов

Уплотняют грунты специальными машинами. Следует отметить, что частично грунты уплотняются под воздействием движения землеройных и транспортных машин в процессе отсыпки и разравнивания грунта. Конечно, чем лучше при этом грунт будет уплотнен, тем потребуется меньше механической энергии для специального уплотнения полотна. Плотность грунтов, достигаемая при использовании землеройно-транспортных машин, зависит от типа машины, толщины отсыпаемого слоя, вида грунта и его влажности.

При возведении насыпи грейдерами или экскаваторами с канатно-ковшовым оборудованием первоначальное уплотнение получается небольшим (коэффициент уплотнения составляет 0,65–0,75 от стандартного). Когда возводят насыпь бульдозерами, коэффициент уплотнения может достигать до 0,70–0,80, но при этом необходимо, чтобы отсыпка велась слоями не более 10–25 см, а количество повторных проходов по следу составляло 6–8.

При использовании скреперов с емкостью ковша 6–8 м<sup>3</sup> и более, тракторных прицепов и автомобилей коэффициент уплотнения может достигать 0,85–0,90. В связи с этим, когда для отсыпки земляного полотна применяют скреперы или автосамосвалы, для последующего уплотнения грунтов специальными машинами (например, катками) количество проходов может быть уменьшено до 40–50 % от общей нормы. При этом толщина слоя отсыпки не должна превышать: для скреперов и тракторных прицепов – 25–35 см, для автомобилей (самоходных тележек) – 20–30 см<sup>1</sup> с обязательным равномерным распределением движения по всей ширине земляного полотна. Грунт должен иметь оптимальную или близкую к оптимальной влажность. Однако, следует иметь в виду, что, несмотря на соблюдение этих условий, концевые

<sup>1</sup> При использовании автосамосвалов большой грузоподъемности и для самоходных скреперов толщина слоев отсыпки может быть значительно больше.

участки земляного полотна и обочины остаются недоуплотненными. При уплотнении грунта гусеничными машинами верхние слои на высоту ребер гусениц всегда будут взрыхленными. В этих случаях следует прикатывать каждый слой грунта, особенно верхний, а также обочины и концевые участки проходами катка.

Искусственное уплотнение осуществляется различными машинами, механизмами и агрегатами, которые по способу их воздействия на грунт делятся на группы:

- катки, которые укатывают грунт вальцами (гладкими, ребристыми, кулачковыми, в виде пневматических шин и др.);
- ударные и трамбующие машины;
- вибрационные машины;
- машины и агрегаты, в которых сочетается трамбование и вибривание.

При выборе способа уплотнения и машин следует учитывать свойства грунта, толщину уплотняемого слоя, способы работ, применяемые при возведении насыпи, а также требуемую степень уплотнения и производительность машин, сообразуясь с конкретной обстановкой.

Наиболее эффективно уплотнение достигается катками на пневматических шинах. Такие катки быстро перебрасываются с одного объекта на другой, имеют большую производительность по сравнению с кулачковыми и гладкими катками при затрате одинакового количества энергии тягача, уплотняют грунт слоями большей толщины при меньшем количестве проходов по одному следу и обеспечивают равномерное уплотнение грунта. Перед началом уплотнения каждого слоя грунт разравнивается бульдозером или автогрейдером.

Укатка начинается от края насыпи, постепенно переходя к середине, с перекрытием каждого следа на 0,3–0,5 м. Особое внимание уделяется первым проходам и двум последним, которые производятся при скорости движения катка до 1,5–2 км/ч, а остальные – при скорости до 10–12 км/ч.

При уплотнении верхних слоев высоких насыпей (более 1,5–2,0 м) первый и второй проходы выполняются на расстоянии 2 м от бровки насыпи, а затем, смещающая следующий проход на одну треть ширины катка в сторону бровки, прикатывается край насыпи (рис. 29). После этого укатка продолжается круговыми проходами от края к ее середине.

Уплотнение трамбованием и вибрированием производится при ограниченном фронте работ, например, в местах сопряжения насыпи с искусственным сооружением или когда отсыпка грунта должна выполняться толстыми слоями (засыпка траншей, рвов, брешей). Трамбованием и вибрированием особенно хорошо уплотняются песчаные и крупнообломочные грунты.

Таблица 4

## Степень уплотнения грунта и количество проходов виброкатков

Вид грунта	Степень уплотнения	Максимальная толщина уплотняемого слоя, см				Количество проходов	
		Масса катка, т					
		3–4	6	8	10–18		
Песок одномерный с влажностью 4–5 %	0,95	35–40	45	55	65–70	3–4	
	0,98	20	30	35	40	3–4	
6–7 %	0,95	40–50	60	70–75	80–90	6–8	
	0,98	20–30	40	50	60	6–8	
Песок обычный	0,95	40–55	65–70	80–90	100–120	4–8	
	0,98	20–30	40	50	60–70	6–10	
Суглинок $(0,85–1,05)w_o$	0,95	—	30–35	35–40	50–60	8–10	
	0,95	—	15–20	20–35	30–35	10–12	

Примечание.  $w_o$  – оптимальная влажность.

Общие рекомендации по эффективному уплотнению грунтов кулачковыми катками и трамбующими плитами приведены в табл. 5.

Таблица 5

## Уплотнение грунта кулачковыми катками и трамбующими средствами

Уплотняющие машины	Оптимальная толщина уплотняемого слоя в плотном теле, см		Ориентировочное число проходов (или ударов) уплотняющей машины по одному следу, при оптимальной влажности грунта	
	Несвязный грунт	Связный грунт	Несвязный грунт	Связный грунт
Катки кулачковые, масса: до 8 т до 20 т	— —	15–20 20–35	— —	6–8 8–12 6–8 8–12
Плиты трамбующие на экскаваторах массой до 2000 кг, размером в плане 1×1 м, при падении с высоты 1 м	80–90 65–70	70–80 60–70	2–4 4–6	4–6 6–8
То же при падении с высоты 2 м	100–110 80–90	80–90 70–80	2–4 4–6	4–5 6–8
Самоходные машины ударно-трамбующего действия	80–100	60–80	60–70	75–85

Примечание. В числителе приведены значения, необходимые при уплотнении грунта до коэффициента уплотнения 0,95, а в знаменателе – до 0,98.

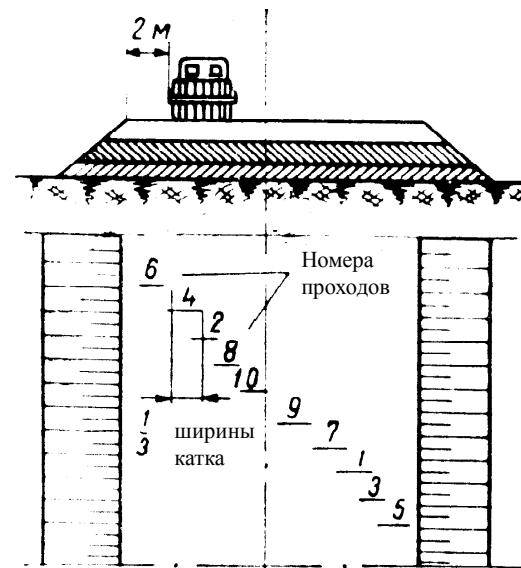


Рис. 29. Схема движения пневмоколесного катка при уплотнении насыпей (цифрами показана последовательность движения катка)

Для трамбования грунтов могут применяться плиты различной массы в виде навесного оборудования на кранах и экскаваторах. В этом случае толщина уплотняемого слоя может достигать 0,5–1,5 м. При увеличении высоты падения плиты до некоторого оптимального значения эффект уплотнения возрастает, но при высоте более оптимальной уплотнение происходит только в нижних слоях отсыпанного грунта, а верхний слой разрыхляется. Обычно плита поднимается на 1–2 м. При малых объемах работ целесообразнее применять вибротрамбовки, а при значительных объемах – грунтоуплотняющие трамбовочные и вибротрамбовочные машины.

Следует отметить, что при уплотнении одноразмерных песков, скальных, крупнообломочных грунтов единственным эффективным уплотняющим средством являются виброкатки, особенно мощные и тяжелые их модели. В зависимости от общей массы прицепные виброкатки подразделяют на легкие (3–4 т), средние (6–8 т) и тяжелые (10–12 т и больше). Рабочая скорость составляет 1,5–2,5 км/ч при количестве проходов 4–8 по одному следу. Показатели максимальной толщины уплотняемого слоя зависят от вида грунта, применяемых катков, необходимой степени уплотнения и количества проходов катка (табл. 4).

При сооружении земляного полотна ведется систематический контроль за уплотнением насыпей, за влажностью и плотностью грунтов и за соблюдением принятой технологии возведения земляного полотна.

#### 4.3. Полевой контроль при уплотнении грунтов

Контроль за качеством уплотнения грунтов осуществляется путем сравнения фактически достигнутых коэффициентов уплотнения с заданными.

Сначала определяют объемную массу  $\gamma_{об}$  и влажность  $w$  грунта по слоям насыпи. Затем подсчитывают фактическую объемную массу скелета грунта  $\delta$  (т. е. его плотность):

$$\delta = \frac{\gamma_{об}}{1 + 0,01w}.$$

После определения достигнутой плотности вычисляют фактический коэффициент уплотнения  $K_y$ :

$$K_y = \frac{\delta_{\phi}}{\delta_0},$$

где  $\delta_0$  – максимальная объемная масса скелета грунта, полученная методом стандартного уплотнения;  $\delta_{\phi}$  – фактическая объемная масса скелета грунта.

После сравнения фактического и заданного коэффициентов уплотнения делают заключение о степени уплотнения грунта, т. е. качестве земляных работ.

Плотность и влажность грунта в полевых условиях может определяться обычным методом с использованием режущих колец, при помощи специального плотномера-влагомера (рис. 30), пенетрометров и других приборов.

Плотномер-влагомер представляет собой гидростатические весы. Поэтому при отборе проб режущим цилиндром постоянного объема наряду с установлением объема образца можно определить и его массу. Знание объема и массы дает возможность определить объемную массу грунта. Практически объемная масса влажного грунта определяется следующим образом: грунтоносом (режущим цилиндром) берется пробы грунта в земляном полотне и переносится в поплавок. Затем поплавок без нижнего сосуда погружается в ведро-футляр с водой и по определенной шкале (с отметкой «Вл») берется отсчет, который соответствует объемной массе влажного грунта.

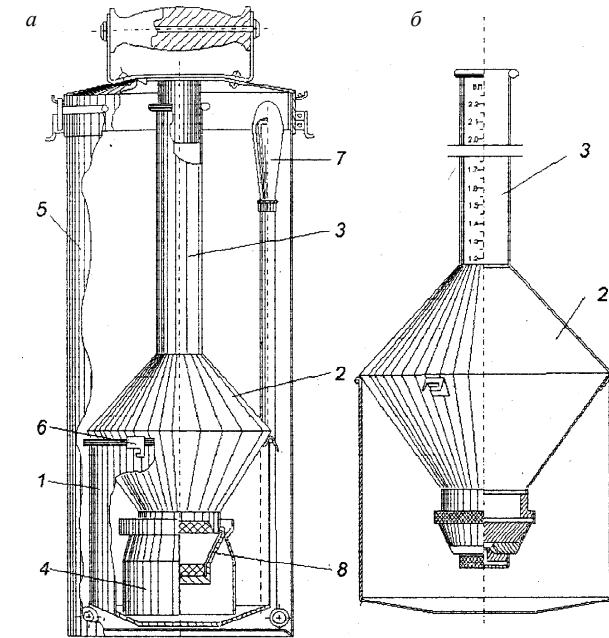


Рис. 30. Плотномер-влагомер:

*a* – общий вид; *б* – поплавок с сосудом; 1 – подвесной сосуд; 2 – поплавок; 3 – трубка поплавка; 4 – грунтонос (режущий стальной цилиндр); 5 – ведро-футляр; 6 – замок; 7 – нож; 8 – воронка

Объемная масса скелета сухого грунта определяется путем взятия пробы грунта, которая в этом случае переносится в нижний сосуд и размешивается в воде до тех пор, пока не останется комков. После этого сосуд соединяют с поплавком и осторожно погружают в ведро-футляр, пока вода из него не попадет в нижний сосуд. Поплавок в этом случае погрузится до определенного уровня под воздействием массы только скелетных частиц грунта и массы нижнего сосуда. Масса сосуда постоянная и легко учитывается при градировке прибора. Поэтому сразу же по соответствующей шкале можно определить значение объемной массы скелета.

При количестве крупных частиц более 40 %, а также при наличии в грунте гравийных зерен, щебенки, мерзлых комьев и т. д., контроль за уплотнением грунта может осуществляться методом засыпки лунок сухим песком. При этом на выровненной площадке устраивается лунка диаметром примерно 20 см и глубиной 10–15 см (рис. 31). Грунт, извлекаемый из лунки, тщательно собирается и взвешивается. Затем лунка заполняется из мерного

сосуда чистым сухим песком, просеянным через сите 2 мм. Для обеспечения большей точности отсчетов над лункой устанавливают двойную воронку.

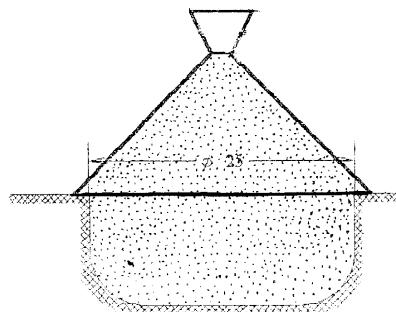


Рис. 31. Определение плотности грунта по методу лунок

Таким образом, объем лунки будет равен объему высыпанного песка без объема воронки. При определении влажности грунта высушивают весь грунт, извлеченный из лунки, или часть его с частицами менее 5 мм. В последнем случае вносят поправку на содержание частиц крупнее 5 мм. В настоящее время разработаны различные радиометрические методы определения плотности грунтов без отбора проб. Эти методы основываются на существующей зависимости между интенсивностью поглощения гамма-излучения и объемным весом грунта. Более подробные сведения о методах контроля плотности грунтов приводятся в учебном пособии «Дорожное грунтоведение» [8].

### Контрольные вопросы

1. Как влияет надлежащее уплотнение грунтов на прочность, устойчивость земляного полотна и на экономические показатели?
2. Почему в верхних и нижних слоях высоких насыпей плотность грунтов должна быть выше, чем в средних?
3. Как определить требуемую плотность грунтов земляного полотна?
4. Какова технология уплотнения грунтов различными уплотняющими машинами?
5. Как определяется плотность и влажность грунтов в лабораторных условиях?
6. Как определяется плотность и влажность грунтов в полевых условиях?
7. Как определить плотность скелетных грунтов?

## 5. ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

### 5.1. Общие сведения. Область рационального использования средств гидромеханизации

В парке строительных механизмов, применяемых для производства земляных работ, особое место занимают средства гидромеханизации, которые нашли особенно широкое применение на объектах гидротехнического и железнодорожного строительства.

Накоплен значительный опыт успешного применения средств гидромеханизации и при строительстве автомобильных дорог.

Главнейшие преимущества гидромеханизации по сравнению с другими видами механизированных земляных работ (при определенных условиях) заключаются в дешевизне работ, сравнительно небольших капиталовложениях в оборудование и малой трудоемкости работ.

Опыт применения гидромеханизации на крупных гидротехнических стройках показывает, что стоимость разработки 1м<sup>3</sup> грунта при помощи средств гидромеханизации в среднем на 50 % меньше, чем при разработке грунта экскаваторами.

Немаловажное значение имеет также то обстоятельство, что применение гидромеханического способа разработки обеспечивает высокую плотность намываемых грунтов. В результате этого намытые насыпи обычно не требуют дополнительного уплотнения и укладка дорожных покрытий на такие насыпи возможна непосредственно после просыхания намытой насыпи<sup>1</sup>.

Гидромеханический способ производства земляных работ основывается на использовании для разработки и транспортировки грунта энергии воды. Струя воды, подаваемая под большим давлением, приобретает новые, необычные физические свойства. Она становится настолько упругой и твердой, что легко разрушает грунт и перемешивает его с водой. Жидкая масса грунта с водой (пульпа) легко может транспортироваться по трубопроводам либо самотеком (в зависимости от местных условий) к месту возведения насыпи, где благодаря резкому снижению скорости движения пульпы частицы грунта из нее выпадают, откладываясь в сооружении, а вода стекает.

Принцип действия гидравлических средств механизации определяет и основные условия рационального применения гидравлических способов разработки грунтов.

<sup>1</sup> Песчаные грунты не требуют уплотнения. При использовании мелкозернистых песков для повышения плотности насыпей (до  $K = 1,05$  во II–III климатических зонах) рекомендуется дополнительное уплотнение при помощи виброфлотации и гидровибрации.

Средства гидромеханизации целесообразно применять при сосредоточенности больших объемов земляных работ на небольшом расстоянии от места разработки грунта до места его укладки, наличии достаточных запасов воды в районе производства работ и хорошей размываемости грунтов в забое, благоприятных условий рельефа местности, обеспечивающих удобство подачи пульпы в нужном направлении.

При помощи средств гидромеханизации могут производиться многочисленные виды земляных работ: разработка выемок, возведение насыпей и дамб, разработка карьеров и котлованов, производство вскрышных работ, выторfovывание и др.

Выемки этим способом могут разрабатываться в любых грунтах, за исключением скальных и грунтов, содержащих большое количество камней и корней.

Что же касается насыпей, то для их возведения следует применять как правило, только хорошо дренирующие грунты (пески и супеси), так как при применении тонкодисперсных, плохо дренирующих грунтов просыхание их после намыва, а следовательно, и осадка насыпи растягивается на долгое время (при использовании глин до нескольких месяцев). При применении дренирующих грунтов процесс полного удаления воды заканчивается в течение 2–5 дней.

Особенно эффективно применение средств гидромеханизации при возведении подходов к мостам, насыпей, расположенных вдоль рек, при разработке смежных глубоких выемок и высоких насыпей, вблизи мощных источников воды.

## 5.2. Разработка грунта

### 5.2.1. Разработка грунта гидромониторами

Разработка грунта средствами гидромеханизации выполняется либо открытый способом в забоях, либо закрытым способом, когда размыв грунта производится под водой. В первом случае используют гидромониторы, во втором – землесосы (землеснаряды).

При разработке грунтов открытым способом для образования струи воды под высоким давлением применяют гидромониторы с ручным (рис. 32) или дистанционным управлением.

Напор воды должен соответствовать плотности грунта. Иногда при плотных грунтах применяют предварительное их разрыхление взрывами, нагнетанием воды в заранее устроенные скважины и др.

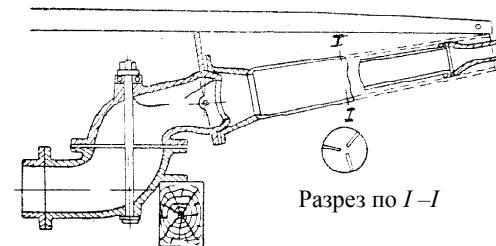


Рис. 32. Гидромонитор облегченной конструкции

Скорость истечения воды, м/с, из насадка гидромонитора может быть найдена по формуле

$$v = \varphi \sqrt{2gH}$$

где  $\varphi$  – коэффициент скорости, равный 0,92–0,96;  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м}^2$ ;  $H$  – напор воды у насадка гидромонитора в м вод. ст. (равен полному напору, т. е. потере в гидромониторе до насадка).

Для средних условий величины оптимального напора и расхода воды при разработке различных грунтов, выработанные практикой, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Рекомендуемые значения напора и расхода воды

Грунт	Давление, атм	Расход воды на размыв грунта, $\text{м}^3$
Песок:		
мелкий	3–4	4–6
крупный	3–4	5–7
Супесь рыхлая	3–5	4–6
Суглинок	5–10	5–10
Глина	6–15	7–15

Применяют два основных способа размыва грунта гидромониторами: встречным или попутным забоем (рис. 33).

В первом случае гидромонитор устанавливается у подошвы забоя. Разработка забоя производится следующим образом: сначала пробивается узкая горизонтальная щель, как бы подрезывающая стенку забоя. Затем вызывается обрушение подрезанного массива. Обрушиившийся грунт быстро размы-

вается водой, превращается в пульпу и направляется к месту отвала. После размыва забоя на глубину 6–10 м производится передвижка гидромонитора вперед.

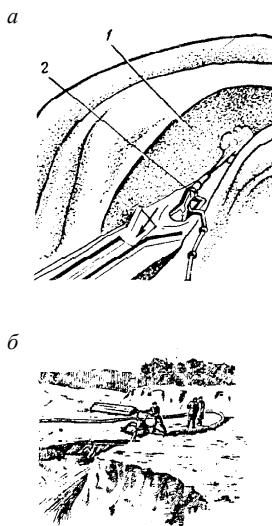


Рис. 33. Разработка грунта:  
а – встречным забоем;  
б – попутным забоем;  
1 – забой; 2 – гидромонитор

При способе размыва встречным забоем снизу вверх обеспечивается наибольшая производительность, так как струя воды встречается с забоем под прямым углом. Однако при этом способе трудно управлять пульпой: рабочая площадка обычно заливается водой; приходится уделять повышенное внимание технике безопасности работ.

Во втором случае при попутном забое гидромонитор находится на его поверхности. Работы производятся в две стадии: сначала промывается продольная наклонная траншея, по которой стекает пульпа, затем производится уширение траншеи в стороны. Гидромонитор в этом случае находится на сухом месте, что облегчает управление пульпой, однако при этом производительность резко снижается. Поэтому во всех возможных случаях гидромеханизированные работы осуществляют методом встречного забоя.

### 5.2.2. Разработка грунта землесосными установками

При разработке грунтов закрытым способом из-под воды используют землесосные снаряды. Для дорожных целей наибольший интерес представляют плавучие землесосные установки производительностью 50–100 м<sup>3</sup>/ч. Такие установки (рис. 34) имеют обычно двухроторный рыхлитель и грунтовый насос, при помощи которого грунт засасывается вместе с водой и перекачивается к берегу по трубопроводам, смонтированным на pontонах.

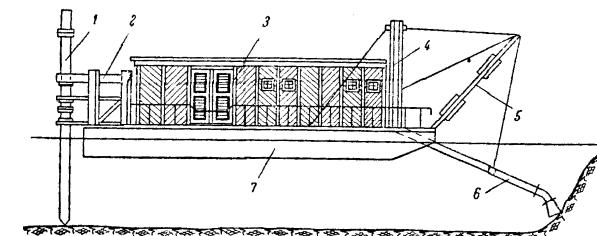


Рис. 34. Плавучий землесосный снаряд (вид сбоку):  
1 – свая; 2 – свайный аппарат; 3 – палубная надстройка;  
4 – порталная рама; 5 – стрела; 6 – всасывающая труба  
с фрезой; 7 – металлический ponton

Землесосный снаряд работает по схеме, показанной на рис. 35. Земснаряд поворачивается в плане (в обе стороны от оси прорези) на угол 2φ вокруг опущенной папильонажной (опорной) сваи. После поворота примерно на 70° опускается вторая свая, а первая поднимается. Затем снаряд делает обратный поворот. В результате двухстороннего движения земснаряда разрабатывается забой шириной В. Вторая опорная свая устанавливается от первой на расстояние шага землеснаряда.

Опыт показывает, что разработка грунта землесосными снарядами по сравнению с гидромониторами имеет следующие преимущества:

- снижение удельного расхода электроэнергии в 2,0–2,5 раза;
- отсутствие насосных станций и водопроводных коммуникаций, необходимых для питания гидромониторов;
- большой коэффициент использования рабочего времени.

Поэтому при строительстве автомобильных дорог и регуляционных сооружений в районах мостовых переходов предпочтение отдается разработке грунта землесосными снарядами. Гидромониторы более целесообразно применять в карьерах, в грунте которых содержится большой процент круп-

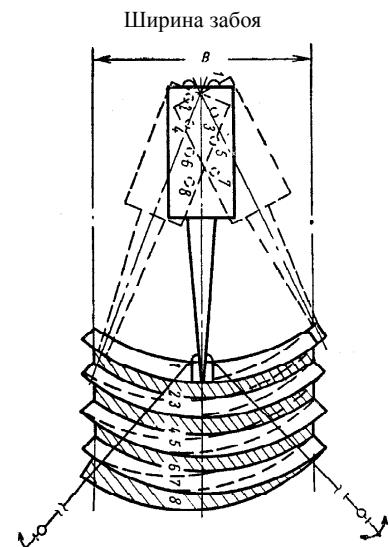


Рис. 35. Разработка грунта плавучим снарядом по способу папильонирования:  
1, 2, 3, ... – положение плавучего снаряда

ных включений (песчано-гравелистные грунты и подобные им), а также при невозможности должного обводнения забоев для ввода плавучего земснаряда.

### 5.3. Транспортировка грунта

Транспортирование пульпы с места разработки грунта до места его укладки может осуществляться самотеком по земляным канавам, открытым лоткам и трубопроводам. При использовании земснарядов транспортирование осуществляется только по трубопроводам (пульпопроводам).

Транспортирование самотеком возможно лишь тогда, когда уклон местности или лотка достаточен для того, чтобы частицы грунта находились во взвешенном состоянии и не оседали (табл. 7).

Таблица 7

#### Величины минимальных уклонов для различных пульпопроводов

Грунт	Продольные уклоны		Средняя скорость движения пульпы, м/с
	лотков	земляных канав	
Мелкий гравий	0,05–0,1	—	1,5
Песок	0,035–0,05	0,04–0,06	0,6
Супесь	0,03–0,035	0,04–0,05	0,4
Глина	0,015–0,025	0,02–0,03	0,2

Деревянные или металлические лотки устанавливаются часто на легких эстакадах.

Если по условию рельефа местности нельзя обеспечить транспортировку пульпы самотеком, то необходимы трубопроводы и подача пульпы под давлением.

Следует отметить, что скорость движения пульпы по трубопроводам должна быть выше, чем по открытым лоткам, во избежание заиливания труб. Однако не следует сильно завышать скорости движения пульпы, так как это увеличивает сопротивление движения и износ труб.

В табл. 8 приводятся оптимальные скорости движения гидромассы по трубам.

Таблица 8

#### Рекомендуемая скорость движения пульпы по трубам

Грунты	Скорость, м/с
Песок мелкий	2–3
Песок крупный	3–4
Гравий с песком	4–6

Если разработка грунта производится гидромониторами, а для перекачки пульпы используются насосы, то в непосредственной близости от забоя устраивается бассейн для сбора пульпы. Горизонт пульпы в бассейне должен быть не менее 1,0 м во избежание засасывания воздуха.

Производственные возможности гидротранспорта грунта по трубопроводам определяются мощностью земляных насосов. Если имеющийся насос не может развить достаточного напора, необходимо дополнительно использовать перекачивающие станции.

### 5.4. Отложение грунта

С уменьшением скорости потока пульпы выпадают взвешенные частицы грунта. Снижение скорости потока достигается созданием в месте намыва грунта отстойных бассейнов.

Попадая из пульпопровода в такой отстойный бассейн, пульпа разливается по большой площади. Скорость ее резко уменьшается, частицы грунта быстро оседают, а осветленная вода стекает. При этом происходит определенная сортировка частиц по крупности. У места слива отлагаются наиболее крупные частицы, далее – более мелкие. Наиболее мелкие глинистые частицы могут выноситься водой так называемым хвостовым потоком за пределы насыпи.

Этим можно пользоваться для надлежащего распределения в теле насыпи частиц различной крупности и для улучшения зернового состава грунта, удаляя мелкие фракции.

При намыве место, на котором должна быть намыта насыпь, подвергается выравниванию бульдозерами. Чтобы пульпа не растекалась, по сторонам основания будущей насыпи устраивают земляные валы.

Намыв производится эстакадным или безэстакадным методом. При эстакадном методе центральный пульпопровод устраивается обычно посередине насыпи на легкой эстакаде или на передвижных опорах. От него устраиваются ответвления в стороны в виде лотков. Подача пульпы в лотки регулируется заслонками. По мере намыва устройство валов возобновляется. Для отвода осветленных вод служит система колодцев и галерей. Вертикальные колодцы устраиваются по оси примерно через 50–100 м. Галереям придается уклон 1,0–1,5 %. Сечение колодца и галерей должно обеспечить пропуск всего количества поступающей воды, а конструкция колодца должна обеспечивать возможность наращивания.

По окончании намыва колодцы и галереи тщательно заполняют грунтом. Деревянные части вертикальных колодцев и опор должны быть при этом полностью разобранными не менее чем на 1,5–2,0 м от поверхности насыпи.

Длина карт намыва принимается обычно в 5–7 раз больше ширины основания насыпи. Работы производятся двумя–тремя захватками: на первой – намыв, на второй – стабилизация, на третьей – подготовка к намыву.

Недостатком намыва насыпи эстакадным способом является высокая стоимость работ в связи с большим расходом лесоматериалов, которые после намыва остаются в теле насыпи.

В ряде случаев устраивают инвентарные металлические эстакады из профильного металла или труб, которые выдергиваются по окончании намыва из тела насыпи.

В настоящее время наиболее широко используется так называемый безэстакадный (тонкослойный) торцевой способ намыва (рис. 36).

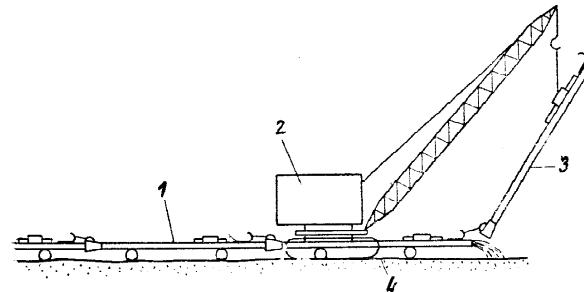


Рис. 36. Схема укладки труб при безэстакадном способе намыва:  
1 – пульпопровод; 2 – кран; 3 – наращиваемая труба; 4 – намытый грунт

При этом методе пульпа подается не из многочисленных выпусков трубопровода, расположенного на эстакаде, а из торцов труб, укладываляемых непосредственно на поверхности намыва.

После намыва слоя высотой 15–20 см в радиусе до 10 м (от торца трубы), не прерывая намыва, при помощи крана производится наращивание следующего звена трубопровода и так далее до конца карты намыва. Затем также без перерыва намыва производится последовательная разборка труб. При обратном ходе конец каждой трубы поднимается на толщину намываемого слоя. Намыв производится по членочной схеме. Для обеспечения возможности производства наращивания трубопровода без перерыва подачи пульпы разработана специальная конструкция быстроразъемного соединения, состоящего из конического раstra на одном конце трубы и массивного резинового кольца на другом (рис. 37). При одевании трубы сначала производится скрепление труб шарнирной скобой. Скрепление осуществляется при наклоне прикрепляемой трубы под углом 70–80°. Затем, при опускании второго конца, происходит затяжка соединения под влиянием веса трубы и плотное прилегание раstra к резиновому кольцу.

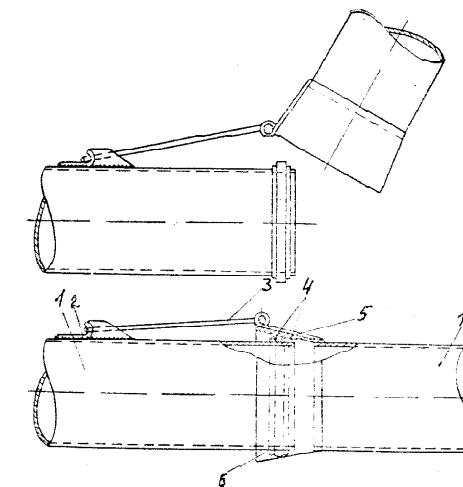


Рис. 37. Схемастыка разводящего трубопровода:  
1 – соединяемые концы труб; 2 – крюк; 3 – серьга;  
4 – металлические кольца; 5 – резиновое уплотняющее  
кольцо; 6 – раструб

Обваловывание производится по мере наращивания труб с опережением на 25–30 м по ходу наращивания или укорачивания трубопровода. Этот способ, кроме экономии материалов дает возможность в 3–4 раза сократить потребность в рабочей силе на устройстве эстакад и на обслуживании выпусколов и лотков.

Выбор метода намыва и принятая организация работ обосновываются соответствующими технико-экономическими расчетами.

Средства гидромеханизации (в основном земснарядов) широко используются при устройстве автомобильных дорог на болотах при выторfovывании и добывче песка и гравия через скважины со дна болот.

Сведения о таких работах излагаются в учебном пособии «Особенности проектирования и строительства автомобильных дорог в лесисто-болотистой местности» [14].

### Контрольные вопросы

1. В каких условиях целесообразно применять средства гидромеханизации?
2. Какой принцип действия гидравлических средств механизации при возведении земляного полотна?
3. В каких условиях и как используются гидромониторы?

4. В каких условиях и как используются землесосные установки?
5. Как обеспечивается транспортировка пульпы от места разработки до места укладки грунта?
6. Как осуществляется отложение грунта эстакадным и безэстакадным (тонкослойным) способами?

## 6. ПРИМЕНЕНИЕ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

### 6.1. Общие сведения. Область рационального использования взрывчатых веществ

При возведении земляного полотна автомобильных дорог взрывчатые вещества (ВВ) могут использоваться для устройства выемок, траншей, рыхления плотных пород, при выполнении подготовительных работ (дробления валунов, удаления пней и т. д.), при опускании насыпей на минеральное дно болот и при других работах. Иногда взрывные работы являются единственными возможными (например, при разработке скальных грунтов) или наиболее рациональными (при разработке мерзлых грунтов). Применение ВВ дает возможность резко ускорить производство земляных работ и повысить эффективность использования землеройных машин и механизмов. Использование ВВ особенно эффективно в случаях сосредоточения большого объема земляных работ на очень узком фронте, а также в труднодоступных местах, где затруднено или невозможно использование землеройных машин.

При помощи ВВ можно разрабатывать любые грунты. Однако эффективность взрывных работ существенно снижается при наличии сыпучих песков и плывунов.

Взрывные работы ограничиваются в оползневых районах и на участках возможных обвалов.

Следует заметить, что взрывные работы представляют собой специфический вид работ, успех и безопасность которых обеспечивается твердыми знаниями правил их ведения и умелым использованием ВВ. Поэтому производство взрывных работ может осуществляться лишь лицами, специально обученными и имеющими соответствующие свидетельства.

В условиях дорожного строительства взрывные работы, как правило, проводят на договорных началах специальные субподрядные организации.

В зависимости от характера воздействия на горную породу или грунтовый массив различают следующие виды взрыва: дробление, рыхление, выброс, сброс и обрушение. По форме, размерам и расположению зарядов ме-

ды производства взрывных работ подразделяются на методы наружных, шпуровых, скважинных, котловых и камерных зарядов (рис. 38).

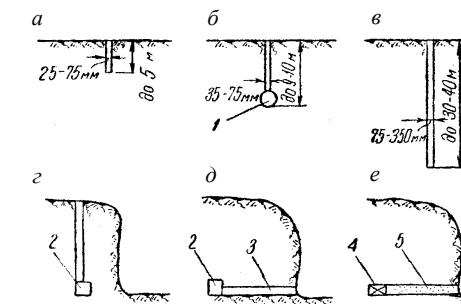


Рис. 38. Зарядные камеры:

*a – шпур; б – котловой шпур; в – глубокая скважина; г – минный шурф с камерой; д – минная штолня с камерой; е – рукав; 1 – котел; 2 – камера; 3 – штолня; 4 – заряд; 5 – забивка*

При методе наружных зарядов разрушение материала породы происходит под воздействием взрыва в воздухе. Заряды в этом случае располагают на поверхности объекта разрушения или на небольшом от него удалении.

Расход ВВ при этом методе в 5–7 раз больше, чем при внутреннем размещении зарядов. Метод наружных зарядов применяют для дробления валунов, негабаритных кусков камня в карьерах, валки деревьев и др.

При методе шпуровых зарядов взрывчатое вещество помещается в так называемые шпуры, которые представляют собой цилиндрические выработки диаметром до 75 мм и длиной до 5 м. Шпуры устраивают пневматическими перфораторами или электрическими сверлами.

Метод шпуровых зарядов преимущественно применяют при рыхлении грунтов, разработке выемок глубиной до 3–5 м, устройстве мелких котлованов, разработке карьеров при высоте забоя до 5 м и при других подобных работах.

При разработке глубоких выемок, рыхлении мощных пластов горных пород, при выгорловывании и в других случаях разработки больших масс грунта поглубине метод шпуровых зарядов экономически нецелесообразен из-за большого объема буровых работ. В этих случаях преимущественно используют метод скважинных зарядов. Скважины имеют диаметр более 75 мм, а длина их достигает до 15–30 м. Устраивают скважины при помощи буровых станков.

При методе котловых зарядов сначала обычным методом устраивают шпуры или скважины. Затем путем «простреливания» образуют так назы-

ваемые котлы, объем которых при шпурах достигает 300 л, а при скважинах – 3 м<sup>3</sup>. В котлах размещают сосредоточенные заряды, при взрывании которых достигается разрыхление пород или их выброс.

При устройстве глубоких выемок и уступов в карьерах может использоваться метод камерных зарядов. Этот метод предусматривает размещение сосредоточенных зарядов (от нескольких килограммов до сотен тонн) в специальных камерах, которые устраивают в концах шурфов и штолен.

В качестве ВВ при производстве земляных работ преимущественно применяют аммиачно-селитровые ВВ (аммониты, аммоналы, динамоны, игданиты, гранулиты и др.). Реже применяют нитросоединения в виде тола, его сплавов с гексогеном и другие.

Более подробные сведения о ВВ, средствах взрывания, подрывных работах излагаются в специальной литературе.

Сведения о производстве взрывных работ при возведении насыпей на болотах и производстве земляных работ в зимних условиях приведены в соответствующих учебных пособиях. Поэтому в настоящей главе изложен материал, относящийся лишь к разработке выемок.

## 6.2. Расчет зарядов и производство работ

При устройстве выемок взрывчатые вещества могут применяться малыми зарядами для рыхления грунта с последующим удалением его землеройными машинами или же большими сосредоточенными зарядами для удаления основной массы грунта (до 90–95 %) «на выброс».

Выемки могут устраиваться обычными или направленными взрывами. В первом случае заряды располагают вдоль оси выемки в один или несколько рядов (в зависимости от ширины и глубины выемки) в вертикальных скважинах, во втором случае – скважины располагают под углом в 50° к горизонту или же применяют кумулятивные заряды.

Масса заряда  $C$ , кг, может определяться по следующей приближенной формуле:

$$C = \alpha \cdot kh^3 f(u),$$

где  $\alpha$  – переходной коэффициент от аммонита к другим ВВ; для аммонита № 6  $\alpha$  принимают обычно равным 1, для тротила – 0,86 и для игданита – 1,2;  $k$  – удельный расход расчетного ВВ на единицу объема взорванного массива; для грунта I категории  $k = 0,5\text{--}0,9$ ; для грунта III категории  $k = 0,9\text{--}1,3$ , для грунта V категории  $k = 1,4\text{--}1,6$ ;  $h$  – длина линии наименьшего сопротивления, т. е. кратчайшее расстояние между центром заряда и открытой поверхностью

(в данном случае глубина заложения заряда);  $f(u)$  – функция показателя выброса, равная  $0,4 + 0,6n^3$ , где  $n$  – показатель выброса, характеризующийся отношением радиуса воронки к линии наименьшего сопротивления; при  $n = 1$  выброс называют нормальным, а при  $n \geq 1$  – усиленным или уменьшенным; при взрыве «на выброс»  $n$  принимают в пределах от 1 до 3 (в зависимости от количества грунта, которое необходимо удалить за пределы выемки); при рыхлении грунта  $n = 0$ .

Расстояние между зарядами  $a$  можно найти по формуле

$$a = 0,5h(n+1),$$

где  $h$  определяют как среднее для всех зарядов.

Действительная глубина воронки  $p_1$  всегда больше видимой  $p$ , м, так как дно воронки покрывает разрыхленный грунт слоем  $p_2$ :

$$p_1 = p_2 + p,$$

где  $p = 0,33h(2n - 1)$ .

Наибольшая дальность разлета грунта при взрывах составляет

$$l = 140n\sqrt{h},$$

где  $l$  – дальность разлета грунта, м.

При сильном ветре дальность разлета в подветренную сторону может увеличиваться в 1,5 раза.

Во избежание разрыхления основания земляного полотна при взрывах заряды должны закладываться на определенных расстояниях от подошвы будущей выемки.

При разработке выемок заряды закладывают обычно на глубине, равной  $(0,7\text{--}0,8) H_{\text{в}}$ , где  $H_{\text{в}}$  – наибольшая глубина выемки. В зависимости от размеров выемки заряды размещают в один или несколько рядов. При трехрядном шахматном расположении средние заряды, по сравнению с крайними, увеличиваются до 50 % и взрывают их с замедлением, что обеспечивает наибольшее удаление грунта из выемки.

При направленном выбросе заряды закладываются чаще всего в два ряда (рис. 39). Для развития взрыва в заданную сторону величина зарядов с проти-

воположной стороны рассчитывается исходя из усиленного выброса. Взрывают их с некоторым замедлением с тем, чтобы обеспечить отбрасывание грунта, поднятого первыми взрывами, в нужную сторону.

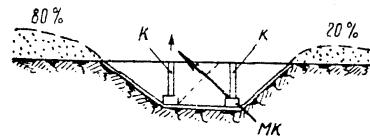


Рис. 39. Направленный выброс грунта при взрыве:  
К – колодцы; МК – минные камеры

Кроме сосредоточенных зарядов направленный выброс может быть достигнут путем взрыва линейных зарядов, располагаемых наклонно или горизонтально в два ряда.

При производстве взрывных работ большое внимание должно уделяться технике безопасности. Взрывные работы выполняются специальными организациями. Зона взрывных работ должна обозначаться ясно видимыми знаками и оцепляться охранением. Взрывы производятся лишь после удаления всех людей в укрытия или за пределы опасной зоны. Началу взрывов должно предшествовать тщательное изучение инструкций по производству взрывных работ, а во время выполнения их – приниматься все необходимые меры по обеспечению техники безопасности.

### Контрольные вопросы

1. В каких случаях целесообразна разработка грунта с использованием взрывчатых веществ?
2. Какие взрывчатые вещества преимущественно применяются при производстве земляных работ?
3. Как определить количество ВВ для одного заряда при различных условиях производства работ?
4. Как осуществляется эффект направленного выброса грунта?
5. Какие работы могут выполнять дорожники и какие работы выполняются специалистами-взрывниками?
6. Основные требования техники безопасности производства работ.

## 7. ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В НОЧНЫХ УСЛОВИЯХ

### 7.1. Общие особенности производства работ ночью

При выполнении дорожно-строительных работ в короткие сроки часто возникает необходимость их производства в несколько смен, в том числе и в темное время суток. Особенно часто ночные работы выполняются в городах, когда стихает транспортное движение.

Ночные работы отличаются целым рядом особенностей, связанных главным образом с необходимостью искусственного освещения объектов работ. Лишь в ясные лунные ночи, в периоды «белых» ночей и полярного дня в северных районах, а также в сумерки можно обойтись без дополнительного освещения. Продолжительность и характер ночи определяются географической широтой района строительства, временем года и погодой. В средних широтах в летнее время продолжительность ночи относительно невелика и составляет 4–5 ч, в весенние и осенние месяцы она достигает 9–12 ч, а в зимнее время 14–16 ч. В южных районах ночи значительно темнее, чем в северных. В полярных районах даже тогда, когда светлые сумерки исчезают полностью (в конце декабря), под воздействием света Луны и звезд местность, покрытая снегом, приобретает некоторую освещенность.

Общее восприятие местности и отдельных предметов, как и глазомерное определение расстояний, в ночное время существенно изменяются. Все предметы теряют свои цветовые тона, детали делаются неразличимыми, расстояния искажаются. Так, до темных предметов расстояния кажутся большими, чем в действительности, до белых – меньшими. При близком расстоянии предметы кажутся более крупными, тени оказываются более темными. В этих условиях стоящих людей можно принять за отдельные предметы, неподвижные машины – за кусты. Все это затрудняет ориентирование и выполнение дорожных работ на местности, а также резко повышает требования техники безопасности к их производству.

Следует заметить, что применение оптических приборов типа бинокля может улучшить видимость местности только в случаях, если естественная освещенность превышает 0,01 лк или когда местность освещается искусственно.

Для ночных условий характерна хорошая видимость даже незначительных источников света (табл. 9). Это обстоятельство значительно облегчает устройство световой сигнализации и светового обозначения путей движения машин, мест набора и разгрузки грунта и т. д.

Таблица 9

**Расстояния видимости источников света**

Источник света	Расстояние видимости, км
Карманный фонарь	До 1,5
Костер	6,0–8,0
Горящая спичка	До 1,5

Таблица 10

**Дальность слышимости звуков**

Характер звуков	Дальность слышимости, км
Шум работающего трактора	2,0–3,0
Шум идущей грузовой машины	1,5–2,0
Громкий крик	1,0–1,5
Удар топора, звон плиты	0,3–0,4

Особенностью ночного времени является также значительное улучшение слышимости, поскольку в это время нет больших изменений температуры воздуха по высоте, больше влажность и меньше окружающих шумов (табл. 10).

## 7.2. Возведение земляного полотна в темное время суток.

### Требования к освещенности участков строительства

Из общего комплекса земляных работ на темное время суток целесообразно планировать такие, которые не требуют большой точности. Поэтому отделку земляного полотна, устройство водоотвода и корыта, разбивочные и им подобные работы рекомендуется выполнять в светлое время. Для обеспечения безопасности производства работ на светлое время необходимо планировать валку деревьев, взрывные работы, разработку крутых косогоров и т. д.

В ночное время наиболее рационально производить отсыпку насыпей, разработку выемок и карьеров бульдозерами, скреперами и экскаваторами, вывозку материалов, уплотнение грунтов и другие подобные работы.

Вследствие недостаточной видимости, нарушения привычного суточного режима, повышенного нервного напряжения в ночное время производительность обычно снижается. Однако в определенных условиях (в южных районах, в жаркую погоду и в светлые лунные ночи) вследствие уменьшения изнуряющей жары и достаточной естественной освещенности в ночное время производительность может оказаться даже более высокой, чем днем. Следует отметить, что некоторые технологические операции ночью выполняются легче. Например, уплотнение грунта в сухую погоду облегчается, так как

ночью он не так быстро высыхает и дольше сохраняет оптимальную влажность. Транспортировка грунта при автомобильной или скреперной возке по пыльным дорогам ночью может облегчаться из-за повышенной влажности воздуха и уменьшения пылеобразования. Ночью можно производить рыхление на больших площадях, так как уменьшается опасность его пересыхания и т. д.

Чтобы получить хорошее качество освещения, не затрачивая излишне много электрической энергии и осветительных приборов, нужно уметь нормировать, рассчитывать и измерять освещенность.

В целом освещенность должна обеспечивать хорошую видимость рабочих органов машин, разбивочных обозначений и результатов работы (например, нож автогрейдера и перемещаемый вал грунта), путей движения машин (например, пути движения скрепера от выемки к насыпи), а также общий обзор участка работ для хорошего ориентирования водителей машин, обеспечения безопасности движения, оперативного руководства и контроля за работами. Дорожные машины одновременно оснащаются тремя типами источников света: для освещения местности перед машинами, для освещения рабочих органов, для осмотра отдельных узлов машины и ее запуска в ночное время. Кроме того, на участках работ предусматривается общее равномерное освещение местности. Освещенность рабочих поверхностей и рабочих мест должна быть не меньше величин, указанных в табл. 11.

Таблица 11

**Нормы освещения**

Виды и объекты работ	Минимальное освещение, лк
Территория в районе выполнения работ	2,0*
Разработка и перемещение грунта скреперами, автогрейдерами и другими землеройными машинами (кроме экскаваторов)	5,0*
Разработка грунта экскаваторами	5,0* – 10,0**
Планировочные работы	10*
Места разворота транспортных средств	3,0*
Места производства буровых работ	10*
Постоянные пути движения людей	1,0*
Кабины машин и механизмов	30***

\* Освещенность в горизонтальной плоскости до 10 м перед машиной.

\*\* Освещенность в вертикальной плоскости по всей высоте забоя или высоте разгрузки.

\*\*\* Освещенность на расстоянии 0,8 м от пола.

Помимо освещенности на производительность машин существенное влияние оказывает и качество освещения (равномерность распределения све-

тового потока, постоянство освещения на рабочей поверхности, наличие резких теней и др.).

Для обеспечения эффективной работы ночью необходимо в светлое время провести подготовительные мероприятия: разбивку полотна, установку указательных и ограждающих знаков, подготовку людей и техники к ночной работе, установку и проверку осветительной аппаратуры. Рабочий составочных смен следует до темноты ознакомить на местности с участками возведения земляного полотна и разбивочными обозначениями. Работу ночной смены рекомендуется начинать засветло. Тогда в светлое время люди уже освоятся с особенностями местных условий и характером предстоящих ночных работ.

Для облегчения маневра машин и исключения несчастных случаев длина захваток назначается несколько большей, чем днем, а количество машин на захватке сокращается. Пути их перемещения, места набора и отсыпки грунта нужно планировать так, чтобы исключить встречное движение и тем самым уменьшить слепящее действие встречных машин. Например, при скреперных работах в дневное время движение машин рекомендуется осуществлять по восьмерке или по зигзагообразной схеме. В ночное время лучше организовывать движение по кольцевой или спиральной схемам (при наличии нескольких машин на участке). Еще рациональнее каждой машине выделять самостоятельный участок (если позволяет фронт работ).

Основные пути движения машин ночью должны быть по возможности прямолинейными, без крутых поворотов и сложных пересечений.

Линейные работы по возведению земляного полотна выполняются наиболее часто с помощью бульдозеров, скреперов и автогрейдеров. Эти машины оборудованы достаточно мощными фарами, позволяющими успешно производить работы ночью. Однако, как показывает опыт, чтобы работа была более эффективной, необходимо дополнительно провести ряд подготовительных мероприятий.

К общим недостаткам освещения местности фарами землеройных машин относится то, что фары создают весьма неравномерную пятнистую освещенность, наблюдается чрезмерная блеклость задних фар, раздражающая действующая на экипаж прицепных и сзади идущих машин. Наконец из-за низкого расположения фар образуются глубокие тени.

Сравнивая приборы освещения различных землеройных машин, следует заметить, что в наибольшей степени требованиям производства работ ночью отвечает оборудование автогрейдеров. При их работе обеспечивается необходимая освещенность рабочих органов, поверхности грунта и разбивочных знаков.

На бульдозерах свет фар рекомендуется направлять так, чтобы левая передняя фара освещала верх отвала, а правая – ось движения и разбивочные

обозначения. Задние фары следует регулировать с расчетом, чтобы световые пятна от них были на расстоянии 10–15 м от трактора. Для освещения отдельных местных предметов желательно устанавливать дополнительную фару-искатель с шарнирным креплением.

Для прицепных скреперов одну заднюю фару трактора целесообразно направлять на поверхность грунта перед скрепером, а другую – на верх ковша. При таком положении фар скреперист имеет возможность через смотровое стекло наблюдать за набором и разгрузкой грунта. Рекомендуется устанавливать дополнительную фару на раме скрепера для освещения площади перед ножом (рис. 40). В этом случае уменьшаются тени от тросов и рамы скрепера.

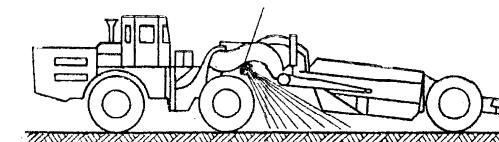


Рис. 40. Установка дополнительной фары на раме скрепера:  
I – дополнительная фара

Специальные исследования показывают, что во время земляных работ наиболее эффективными являются светильники-софиты. Такие софиты, объединяющие несколько источников света, устанавливаются на кронштейнах несколько выше глаз водителя, при этом освещенность может регулироваться количеством одновременно включаемых в софите ламп.

Большое значение имеет оборудование участков работ световыми маяками для обозначения путей движения землеройных машин (рис. 41), а также границ насыпей, выемок и опасных мест. Для этой цели могут применяться электрические и другие источники света. Большой эффект дает установка специальных светильников, обозначающих створ движения машин при отсыпке грунта, границ набора грунта для скреперов и бульдозеров, границы сброса и отвала грунта и т. д.

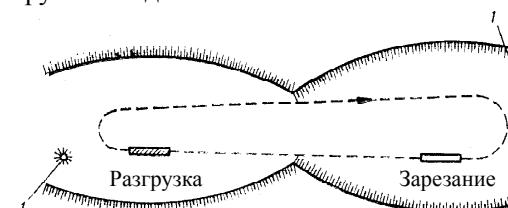


Рис. 41. Установка световых маяков для обозначения  
путей движения землеройных машин:  
I – маяк-светильник

В заключение необходимо отметить большое значение оперативного руководства непосредственно на рабочих участках. Здесь целесообразно иметь специальных операторов, которые должны своевременно указывать скреперистам, бульдозеристам и водителям других машин полосы набора грунта, начало и конец набора, а в ряде случаев регулировать и глубину зарезания ножа. Оператор с помощью переносного фонаря указывает полосы отсыпки грунта и места разворота машин.

Количество светильников для создания необходимой общей освещенности объекта работ определяется по правилам расчета наружного освещения.

Питание прожекторов и других неподвижных источников света, если нет возможности подключаться к сетям энергосистем обычного напряжения, может осуществляться от передвижных электростанций.

### Контрольные вопросы

1. Какие работы целесообразно осуществлять в темное время суток?
2. Нормы освещенности участков производства работ при использовании различных машин?
3. Особенности организации механизированных работ вочных условиях?
4. Как отрегулировать фары землеройных машин для работ в темное время суток?

## 8. ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

### 8.1. Общие сведения. Характерные виды работ в зимних условиях

В зимнее время из-за морозов, снегопадов, метелей, резкого сокращения продолжительности светлого времени суток и других особенностей этого времени года производство и организация работ по возведению земляного полотна существенно затрудняются и приобретают большую специфичность.

Особые трудности происходят из-за высокой механической прочности мерзлых грунтов при их разработке и укладке в тело насыпей. Основное влияние на прочность грунтов при их промерзании оказывает влажность и гранулометрический состав грунта, а также температура промерзания.

Исходя из изложенного в зимнее время следует выполнять работы, которые, возможно, меньше связаны с разработкой мерзлоты, а именно вести разработку глубоких выемок и грунтовых карьеров, в которых слой мерзлоты значительно меньше слоя талого грунта, разрабатывать скальные, песчаные, гра-

велистые, щебенистые нормальной влажности грунты, т. е. такие, которые при отрицательных температурах не смерзаются, производить отсыпку насыпей на болотах. В последнем случае производство работ зимой имеет ряд преимуществ по сравнению с отсыпкой грунтов в летнее время. Зимой нецелесообразно устраивать мелкие выемки, выполнять планировочные и им подобные работы, практически невозможно осуществлять работы по устройству полотна методом профилирования, отделку откосов и им подобные работы.

### 8.2. Предохранение грунтов от промерзания

Во всех возможных случаях для резкого облегчения и удешевления зимних земляных работ осуществляют предохранение грунтов от промерзания. Существуют различные способы таких работ. Выбор способа предохранения грунтов от промерзания или уменьшения глубины промерзания до пределов беспрепятственной их разработки экскаваторами или бульдозерами зависит от местных климатических условий, календарных сроков производства земляных работ, наличия необходимого оборудования и материалов.

Наиболее простым способом предохранения грунтов от интенсивного промерзания является их вспахивание на глубину не менее 35 см и боронование на глубину 15–20 см, чем создается слой рыхлого грунта с защемленным воздухом, обеспечивающий теплоизоляционный эффект. Этот способ может использоваться глубокой осенью или в начале зимы, когда возвращение оттепелей маловероятно, поскольку, если разрыхленный грунт пропитается водой, его прочность при промерзании будет большей, чем без рыхления.

В ряде случаев применяют глубокое предварительное рыхление на глубину до 1,5 м с укладкой такого грунта в валы на утепляемую поверхность. Такая разработка грунта чаще всего осуществляется экскаваторами. Возможна и комбинированная работа рыхлителя с последующим наталкиванием грунта бульдозером слоем до 80 см по всей поверхности участка, предполагаемого к зимней разработке.

Глубина промерзания  $H$ , см, при использовании описанных способов утепления грунта приближенно может определяться по формуле

$$H = A(4p - p^2);$$
$$p = \frac{NT}{1000},$$

где  $N$  – время охлаждения грунта, сут;  $T$  – температура воздуха (отрицательная) за время охлаждения грунта,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $A$  – коэффициент, учитывающий способ утепления грунта (табл. 12).

Значение коэффициента *A*

Таблица 12

Способ обработки поверхности	Значение <i>A</i> при <i>p</i> равном											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2
Вспашка на глубину 25 см и боронование	15	16	17	18	20	22	24	26	28	30	30	30
Засыпка поверхности разрыхленным грунтом слоем не менее 0,5 м	35	36	37	39	41	44	47	51	55	59	60	60

При небольшой поверхности участка, подлежащего разработке в зимних условиях, утепление его можно производить снегом. Задержание снега осуществляется устройством валов из грунта или снега и установкой снегодерживающих щитов.

Основания небольших котлованов и траншей предохраняют от промерзания укладкой на поверхность грунта щитов, засыпаемых сверху слоем снега толщиной 10–15 см.

Для предохранения от промерзания небольших поверхностей их можно непосредственно укрывать слоем теплоизолирующих материалов (опилок, шлака, торфа и пр.).

Влияние слоя снега на глубину промерзания можно приближенно определить по формулам

$$H = 60(4p - p^2)K - Bh_{\text{сн}};$$

$$h_{\text{сн}} = \frac{60(4p - p^2)K_1 - H}{B},$$

где *B* – коэффициент сравнительной температуропроводимости снега; численное значение *B* принимается для рыхлого снега 3, слежавшегося и насыщенного снега 2, протаявшего снега 1,5; *K* – коэффициент, характеризующий утепляющую способность материала, *K*<sub>1</sub> = 1,6–2,5; *h*<sub>сн</sub> – средняя высота снежного покрова в см (остальные обозначения указаны выше).

Эффективным методом предохранения грунтов от промерзания является укладка на участках, подлежащих зимней разработке, специальных пенопластов на основе быстротвердеющих пен.

Наиболее характерно использование пен, приготавливаемых из мочевиноформальдегидных смол (обычно применяется «крепитель М») при их отвердении соляной кислотой.

Соотношение компонентов пенопласта принимается (по опыту производственных работ) следующее: крепитель М – 35 %; соляная кислота (концентрация 5–6 %) – 16 %; пенообразователь ПО-1 – 4 %; вода – 45 %.

Для покрытия пенопласта утепляемой поверхности площадью 1000 м<sup>2</sup> слоем 10 см требуется 1750 л смолы, ПО-1 – 200 л, соляной кислоты 800 л и 2250 л воды.

Растворы готовятся в специальной установке. Приготовленная смесь выливается на утепляемую поверхность из шлангов в виде желобобразной пасты, которая через 10–20 мин затвердевает.

Предохранение грунтов от промерзания с помощью полимерной пены позволяет, например, в условиях Забайкалья увеличивать на 3 мес. сроки разработки грунта в талом состоянии. Опыт показывает, что стоимость разработки грунта с полимерной пеной вдвое меньше стоимости разработки мерзлого грунта.

Для предохранения грунтов от промерзания может использоваться и хлорвиниловая пленка. С наступлением холодов грунт, укрытый с осени такой пленкой, позволяет сохранять его талое состояние около месяца.

Могут использоваться и хлористые соли NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, производственные отходы, содержащие хлористые соли, и другие подобные реагенты. В этом случае соли в сухом виде или в виде растворов распределяются по поверхности, подлежащей зимней разработке, за 5–20 сут до наступления морозов. При этом предусматривается, что за это время соли растворятся и проникнут в толщу грунта. В результате такой обработки в зимнее время грунты сохраняют пластичное состояние и сравнительно легко разрабатываются экскаваторами. Важно и то, что грунты, обработанные солями, не прилипают к рабочим органам землеройных машин и кузовам транспортных средств.

Однако надо отметить, что грунты, обработанные одновалентными хлористыми солями (NaCl, KCl и им подобные), ухудшают строительные качества грунтов и поэтому могут использоваться только при перемещении грунта в отвал, но не для возведения земляного полотна.

### 8.3. Разработка и оттаивание мерзлых грунтов

При разработке мерзлых грунтов широко используется их разрыхление при помощи навесных и прицепных рыхлителей на базе мощных гусеничных машин. В зависимости от мощности тягачей и их конструктивных особенностей разрыхление мерзлоты может осуществляться от 0,25 до 50 см и более.

Рыхление производится путем взламывания сравнительно тонкого слоя мерзлоты (до 25–40 см), либо путем послойного разрыхления с дальнейшим удалением комьев бульдозерами или экскаваторами (рис. 42). Разрыхленный грунт имеет способность быстро смерзаться, поэтому работы должны осуществляться на коротких захватках с тем, чтобы бульдозеры и экскаваторы успели убрать разрыхленный грунт до его нового смерзания.

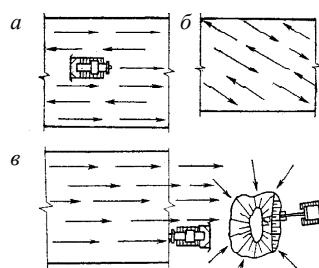


Рис. 42. Схема разработки мерзлого грунта рыхлителем типа Д-652 при глубине промерзания до 2 м:  
а – 1-й этап – рыхление продольными проходами рыхлителя;  
б – 2-й этап – то же диагональными;  
в – 3-й этап – перемещение разрыхленного грунта бульдозером

режется на мелкие блоки, величины которых не должны превышать возможность дальнейшей экскавации отдельных блоков и их погрузке на автосамосвалы (рис. 43).

Известен также крупнообломочный метод разработки мерзлоты с извлечением блоков из забоя строительными кранами, тракторами, бульдозерами, механическими лебедками.

В настоящее время для рыхления мерзлых грунтов широко применяются взрывные работы, обычно методом шпуровых зарядов. Диаметр шпурков и скважин принимают 45–50 мм при глубине промерзания до 1,5 м и 60–70 мм при промерзании до 2 м.

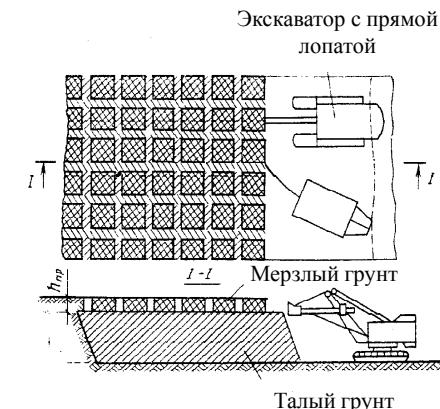


Рис. 43. Схема разработки забоя экскаватором типа «прямая лопата» с предварительной нарезкой блоков (погрузка в автосамосвалы)

Для бурения шпуров в мерзлоте служат передвижные буровые станки с электропневмосверлами, вибропогружатели и др. При небольших объемах работ и малой глубине промерзания могут применяться нагретые ломы и шлямбуры. Перед началом бурения площадка расчищается от снега. Затем разбивается сетка шпуров или скважин.

Ориентировочное значение удельного расхода ВВ для рыхления мерзлого слоя аммонитом составляет: для суглинистых и глинистых грунтов 0,5–0,8 кг/м<sup>3</sup>, для песчаных и растительных – 0,4–0,7 кг/м<sup>3</sup>. Функция показателя выброса  $f(n)$  при расчетах принимается равной единице. Расстояние между шпурами устанавливается равным  $(1,0–1,5)H$ , а между рядами, примерно,  $H$ , где  $H$  – величина линии наименьшего сопротивления. Глубина заложения зарядов составляет обычно 0,75–0,9 слоя мерзлоты. Шпуры заполняются ВВ не более чем на половину их глубины. В шпур после ВВ и детонатора закладывается слой песка или легкого сухого грунта (толщиной 12–15 см) без уплотнения; остальная часть шпуря забивается любым грунтом, который постепенно трамбуется. Наилучшим материалом для забивки шпуров является смесь из одной части глины и трех частей крупного песка с добавлением воды. Взрывать заряды рекомендуется электрическим способом, являющимся наиболее безопасным и эффективным. Количество одновременно взрываемых зарядов назначают из расчета, чтобы при морозах до  $-10^{\circ}\text{C}$  весь разрыхленный мерзлый грунт мог быть убран в течение суток, а при морозах до  $-25^{\circ}\text{C}$  – в течение одной смены. При более низких температурах уборка разрыхленного грунта должна заканчиваться в течение 4–6 ч.

При разработке мерзлых грунтов забой делится на два смежных блока: в одном ведется экскавация, а в другом – подготовка к взрыву.

При взрывных работах иногда применяют так называемый щелевой метод (рис. 44). В этом случае при помощи буровых или дискофрезных машин на расстоянии 0,5–2,0 м друг от друга устраивают параллельные щели. При двух щелях одна из них является зарядной а другая компенсирующей. В результате взрыва заряда в зарядной щели мерзлый грунт дробится и одновременно смещается в сторону компенсирующей щели. Удельный расход ВВ при щелевом методе составляет 0,5–1,0 кг/м<sup>3</sup>.

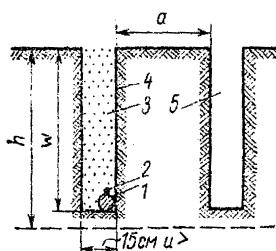


Рис. 44. Расположение заряда при двух щелях:  
а – расстояние между щелями;

1 – заряд ВВ; 2 – детонационный шнур; 3 – забоечный материал; 4 – зарядная щель;  
5 – компенсирующая щель

Однако следует отметить, что оттаивание грунтов, как правило, является более дорогим и трудоемким способом по сравнению со способами механического и взрывного рыхления мерзлых грунтов. Поэтому оттаивание применяют, как правило, лишь при небольших объемах работ во время особых условий производства работ, например, при ликвидации аварий, в стесненных условиях и т. д.

Размораживание грунтов при помощи хлористых солей  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$  и др. менее сложно. В этом случае приготавливают растворы солей концентрацией от 10 до 25 % по массе в зависимости от температуры среды. Расход раствора  $\text{NaCl}$  на 1 м<sup>2</sup> поверхности разрабатываемого участка составляет 30 л при глубине промерзания от 0,4 до 0,6 м и увеличивается до 50 л/м<sup>2</sup> при глубине промерзания 1,0–1,2 м.

При размораживании песчаных и супесчаных грунтов раствор разливается за 2 раза, суглинистых – за 3 раза через 1–2 сут. Разработка оттаявших песчаных или супесчаных грунтов может осуществляться на 5–8-е сутки после первого розлива, а суглинистых – через 7–12 сут. Для ускорения проникновения соли в грунт и его размораживания рекомендуется делать прорези при

помощи буровых машин, поверхностное разрыхление грунта, устройство скважин диаметром 10–15 см и глубиной не выше 0,5 глубины промерзания грунта через 0,6–0,8 м. При большей глубине скважин и буровых щелей раствор может уйти в талый грунт.

#### 8.4. Разработка выемок и возведение насыпей

Разработка выемок производится, как правило, комплексом машин при ведущей роли наиболее мощных экскаваторов. При использовании экскаваторов с ковшом 0,5–0,65 м<sup>3</sup> разработка мерзлоты при толщине слоя до 0,2–0,25 м может производиться без разрыхления. При мощных экскаваторах толщина слоя мерзлоты может быть существенно больше (до 1,0 м). Однако в таких случаях наиболее часто осуществляют механическое или взрывное разрыхление мерзлоты.

Разработка выемок производится при максимальной высоте забоя. Снег при этом заблаговременно удаляется, но не более сменной выработки.

Для снижения теплопотерь в процессе транспортировки грунта целесообразно применять утепленные самосвалы (сверху грунт закрывается брезентом).

Устойчивость насыпей, возводимых в зимнее время, зависит от свойств применяемых грунтов, количества мерзлых комьев и порядка сооружения насыпи. Лучшими грунтами являются скальные, щебенистые, песчаные и супесчаные. Содержание мерзлых комьев не должно превышать 20–30 % по объему, а размер их может быть не более 0,5 толщины отсыпаемого слоя, с равномерным распределением в талом грунте. Гнездовая укладка мерзлых кусков не допускается. Мерзлый грунт следует отсыпать не ближе 1,0 м от поверхности откосов. Снег и лед в насыпь попадать не должны. В верхние слои насыпей (1,0–1,2 м) допускается укладка только талого грунта.

Насыпи возводятся, как правило, горизонтальными слоями, предельная толщина которых зависит от применяемых средств уплотнения.

Необходимо по возможности уменьшать время перевозок. Во избежание промерзания грунтов, укладывающихся в насыпь в талом состоянии, период времени от разработки до окончательного уплотнения в насыпи не должен превышать 2–3 ч при температуре воздуха до  $-10^{\circ}\text{C}$  и 1,0–1,5 ч при температуре воздуха от  $-10$  до  $-20^{\circ}\text{C}$ .

#### Контрольные вопросы

1. Какие работы целесообразно выполнять в зимнее время?
2. Как уменьшить глубину промерзания грунта на участках, подлежащих разработке в зимних условиях?

- Какие существуют методы разработки мерзлых грунтов механическими способами?
- Как осуществляется разработка мерзлых грунтов взрывным способом?
- Назовите основные правила возведения насыпей и разработки выемок в зимнее время.
- Какие грунты наиболее целесообразно использовать для возведения насыпей в зимнее время?

## 9. ОТДЕЛКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И УКРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ

### 9.1. Отделка земляного полотна

Отделочные работы производятся в целях придания земляному полотну очертаний, точно соответствующих проектным. При этом выполняются планировка полотна и дна резервов, отделка откосов насыпи, кюветов и резервов. Планировочным работам должна предшествовать проверка характерных высотных отметок с тем, чтобы был обеспечен надлежащий водоотвод. Значительная часть отделочных работ проводится в процессе возведения земляного полотна, окончательная же отделка часто выполняется после устройства дорожного покрытия, так как в процессе устройства основания и покрытия, обочины, откосы и резервы могут быть повреждены.

Полотно и дно корыта планируются автогрейдерами путем заполнения пониженных мест грунтом, срезанным на буграх. При необходимости однородный недостающий грунт подвозится из карьеров, выемок или резервов и т. д.; после планировки полотно укатывается катками (два–три прохода по одному следу). Планировка полотна производится по выставленным высотным колышкам, положение которых в местах перелома профиля следует определять по нивелиру, а промежуточных – визированием.

В связи с тем что все присыпки грунта на откосах малоустойчивы, отделка откосов при возможности должна сводиться к срезкам излишнего грунта. Поэтому в процессе возведения земляного полотна насыпи отсыпают с некоторым излишком грунта на откосах (примерно на 5–10 см), а выемки недорабатывают на 10–15 см.

При отделке откосов применяют автогрейдеры, бульдозеры, экскаваторы типа драглайн и специальные планировочные машины – планировщик откосов на экскаваторе, бульдозере (рис. 45), автогрейдерами и др. Отделку начинают с забивки колыш-

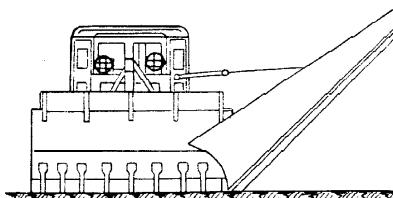


Рис. 45. Планировщик на бульдозере

ков точно по бровкам земляного полотна, ориентируясь на которые производится отделка бровки и откосов.

Правильность срезки грунта достигается точной установкой рабочих органов машины под необходимым углом и постоянным контролем в процессе работы. Крутизна откосов проверяется специальными лекалами, а их ровность в продольном направлении – рейкой.

Откосы насыпей высотой до 2 м и такой же глубины выемок при заложении 1:3 и более отделяются обычно автогрейдерами по схеме, приведенной на рис. 46. Отделка откосов насыпей более высоких до 2,5–3,5 м выполняется обычно при помощи бульдозеров и тракторов с планировщиками в два этапа: сначала выравнивают верхнюю часть проходами трактора по верху насыпи с опущенным вниз откосопланировщиком; затем обрабатывают нижнюю часть проходами трактора по подошве насыпи с поднятым планировщиком. Также производится отделка откосов при помощи автогрейдеров, оборудованных откосниками.

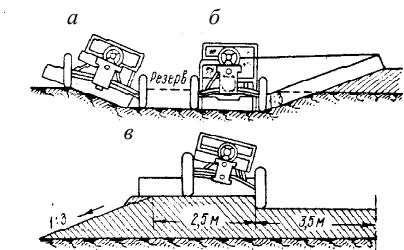


Рис. 46. Положение ножа автогрейдера при планировке:  
а – внешнего откоса резерва; б – внутреннего откоса резерва; в – обочины

Отделка глубоких выемок и высоких насыпей производится автогрейдерами, бульдозерами и тракторами с вынесенным ножом за несколько приемов по мере разработки выемки по глубине или насыпи по высоте.

Выемки глубиной до 5–8 м, разработанные экскаваторами с прямой лопатой, могут быть зачищены при помощи драглайнов. Для планировки откосов насыпей высотой до 5–6 м (при удлиненной стреле до 8 м) могут применяться специальные планировщики на экскаваторе (рис. 47).

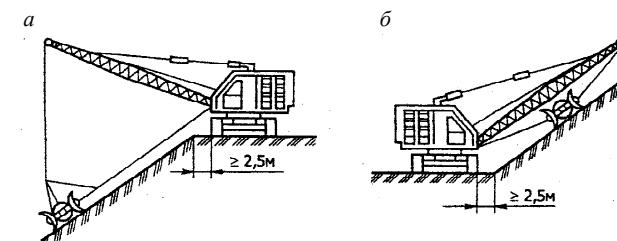


Рис. 47. Планировка откосов экскаватором с планировщиком:  
а – верхней части откоса; б – нижней части откоса

## 9.2. Укрепление откосов земляного полотна

Укрепление откосов производится в целях достижения их неразмывающейся поверхностью и подтопляемыми водами и обеспечения общей устойчивости земляного полотна. Способы укрепления назначаются в зависимости от вида грунтов полотна, высоты насыпей или глубины выемок, скорости движения воды в случае подтопляемых насыпей, с учетом стоимости их устройства, сроков строительства и других местных условий. Существуют следующие основные виды укрепления:

- живой растительностью путем посева трав и укладки дерна;
- геосинтетическими материалами, в том числе геосинтетическими матами, наполненными растительным грунтом с семенами травяной растительности;
- бетонными и железобетонными плитками и плитами различного размера и формы;
- грунтами, обработанными вяжущими материалами;
- различными конструкциями типа габионов, фашичных выстилок, каменных и бетонных подпорных стенок и др.

Откосы насыпей и выемок до 1,5 м вне водоемов и затопляемых речных пойм, отсыпаемых из почвенных слоев растительного грунта, в местностях с достаточным увлажнением, обычно специального укрепления не требуют.

Для защиты откосов неподтопляемых насыпей и выемок, находящихся в относительно благоприятных грунтово-почвенных условиях, а также подтопляемых насыпей при скорости движения воды до 0,6 м/с основным видом укрепления является посев многолетних трав, с целью образования дерна. Откосы при необходимости покрываются слоем растительного грунта толщиной 10–20 см. Если грунты земляного полотна сложены песками, мергелем, щебенистым грунтом и другими грунтами, не способными обеспечить нормального прорастания трав, отсыпка откосов растительным грунтом обязательна. Расход семян при засеве травами составляет 0,3–0,5 кг на 100 м<sup>2</sup>.

В современных условиях широко используется механизированный гидропосев трав с применением мульчирования. При этом рабочую смесь, состоящую из семян трав, минеральных удобрений и мульчирующих материалов (опилок, торфяной крошки, соломы, целлюлозы и др.), воды и битумной эмульсии после перемешивания наносят на откосы при помощи гидромонитора, входящего в состав специального оборудования (рис. 48).

С верхней и нижней стоянок (на поверхности земляного полотна или внизу на прилегающей к насыпи полосе местности) можно обрабатывать откосы высотой до 10–12 м, а с двух стоянок – до 25 м. Успешно укреплять откосы земляного полотна методом гидропосева, сложенных из песка, суг-

линка, супеси и глины, можно при их крутизне не более 1:1. На 1000 м<sup>2</sup> укрепляемой поверхности требуется опилок 400 кг, битумной эмульсии – 1000 кг, удобрений – 50–80 кг, воды – 5000 л.

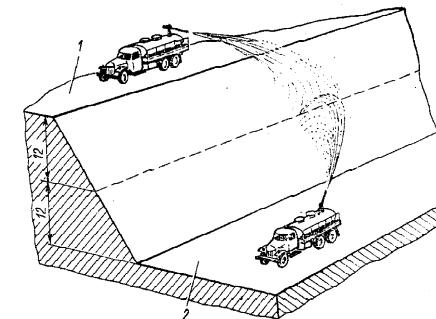


Рис. 48. Технологическая схема укрепления откосов гидропосевом:  
1 – работа с верхней стоянки; 2 – работа с нижней стоянки

Места, где может произойти размыв грунта водой (конуса мостов у береговых опор; участки, заливаемые водой; кюветы с большими продольными уклонами и им подобные) часто укрепляются дерном плашмя (при скорости течения воды до 2,0 м/с), в стенку (при скорости движения воды до 2,5 м/с). Укладка дерна, как правило, осуществляется весной и осенью. В сырых местах одерновка возможна и летом. Поверхность откосов перед дернованием должна быть тщательно спланирована, отделана и уплотнена. Укладка дерна должна производиться от подошвы откоса со строгим соблюдением горизонтальности линий и перевязывания швов. Для уменьшения расхода дерна может производиться его укладка в клетку. Промежутки между лентами (клетки) засыпаются растительным грунтом.

В настоящее время для укрепления откосов применяют различные геосинтетические материалы в виде рулонов пленки (рис. 49), сетчатой ткани, ковров типа «соты» (рис. 50), ажурной открытой сетки из толстой нейлоновой «проводоки», геокомпозитов типа «сэндвич», наполненных бетонитом или растительной землей с семенами трав, специальных фильтрующих и водоизолирующих тканей и ряда других.

Геосинтетические материалы выполняют две функции:

- защищают откос от водной и ветровой эрозии;
- повышают общую устойчивость откоса путем его армирования.

В первом случае геосинтетический материал, укладываемый на поверхность откоса (часто в комбинации с другими типами укрепления), выполня-

ет роль защитного слоя; во втором – этот материал выполняет армирующую роль, обеспечивая повышение общей устойчивости земляного полотна. Устройство защитных слоев из геосинтетических материалов в общем виде включает доставку и разгрузку соответствующих рулонов или листов, укладку их по поверхности откосов, отсыпку, распределение тонким слоем (в необходимых случаях) растительного грунта.



Рис. 49. Укрепление откоса синтетической пленкой

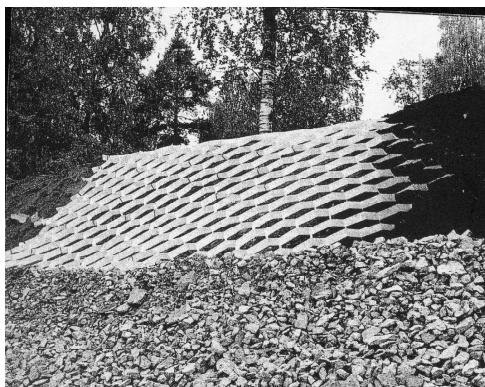


Рис. 50. Укрепление откоса сотами из синтетического материала

Укладка синтетических материалов должна осуществляться, как правило, во время послойной отсыпки земляного полотна с таким расчетом, чтобы после отсыпки слоя грунта требуемой толщины, его профилировки и уплотнения, выпускаемые концы пленки были утоплены в тело насыпи и на-

длежно закреплены. Засыпка ковров типа «соты» растительным грунтом особенно желательна, так как в этом случае образуется высокопрочный защитный слой из армирующей сетки (сот высотой 5–10 см) и дерновой растительности. То же самое относится к сетчатому трехмерному «ажурному» материалу толщиной 10–20 мм из нейлоновых волокон.

В первом случае (ковры в виде сот) допускают потоки воды со скоростью течения до 2,5 м/с. Когда наблюдаются сильные волны или большая скорость течения воды (до 5 м/с) могут использоваться двухслойные плоские мешки из особо прочного геосинтетического материала, которые непосредственно на строительной площадке наполняются литым бетоном. Получающийся таким образом защитный слой может успешно осуществлять защиту от эрозии откосов, работающих в особо тяжелых условиях.

Кроме описанных выше способов, для укрепления откосов используют защитные слои из укрепленного грунта, плетневых и фашичных выстилок. В более сложных условиях применяют различного рода сборные покрытия из бетона и железобетона, нагнетание в грунт укрепляющих растворов и другие методы. Эти методы имеют самостоятельное значение и рассматриваются в специальной литературе.

### Контрольные вопросы

1. Для каких целей производятся отделочные работы? Их состав?
2. Как производится отделка полотна и дна корыта земляного полотна?
3. Какими машинами и как осуществляется отделка откосов земляного полотна?
4. Назовите способы укрепления откосов насыпей в различных условиях. Какова их эффективность?
5. В каких случаях и как применяются геосинтетические материалы при укреплении откосов земляного полотна?

## 10. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ПРИЕМКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

### 10.1. Общие сведения. Технический контроль при возведении земляного полотна

В процессе сооружения земляного полотна для постоянного учета и регулирования качества работ проводится производственный контроль. Этот вид контроля является основным и включает входной, операционный и при-

емочный этапы, которые осуществляются инженерно-техническим персоналом строительной организации – непосредственным исполнителем работ с привлечением производственной лаборатории и геодезической службы под руководством главного инженера строительной организации. Результаты всех этапов производственного контроля фиксируются в специальных журналах, обобщаются в ведомостях и предъявляются при сдаче-приемке законченного земляного полотна.

*Входной контроль* – контроль качества поступающих материалов, конструкций, грунта и т. п., а также технической документации. При входном контроле проверяют состав грунта и его разновидность, наличие крупных включений, влажность и плотность. Проверка осуществляется в производственных условиях в соответствии с требованиями ГОСТов. Данные входного контроля грунта оформляются специальной ведомостью. При обнаружении расхождений фактических показателей вида грунта, влажности или других характеристик с проектными данными в случаях, если эти расхождения могут оказывать влияние на качество земляного полотна или технологию производства работ, заказчик обязан внести в рабочую документацию соответствующие изменения.

В процессе разработки резервов, выемок или карьеров необходимо вести систематические наблюдения за изменением влажности грунтов. Отбор проб на влажность производится не менее двух на каждые 10 тыс. м<sup>3</sup> грунта с периодичностью 1 раз в неделю при устойчивой погоде и ежедневно после дождей интенсивностью более 5 мм/сут. Результаты измерения влажности заносятся в общий журнал работ.

На этапе входного контроля строительной организацией выполняется пробное уплотнение грунтов укаткой в целях уточнения оптимальных толщин слоев, а также для определения количества проходов катка по одному следу, необходимых для получения требуемой степени уплотнения. Пробное уплотнение грунтов укаткой производится для всех разновидностей грунтов, предусмотренных проектом для отсыпки в насыпи и замены в выемках. Пробная укатка обязательна для всех типов катков и их сочетаний, намеченных для послойного уплотнения грунтов проектом производства работ или технологическими картами. Результаты пробного уплотнения фиксируются в специальном журнале.

Входной контроль включает обязательную проверку соответствия технологических схем условиям безопасного ведения работ при наличии в зоне строительства инженерных коммуникаций: проводов и кабелей энергоперехода, трубопроводов и других пересекаемых и смежных сооружений.

*Операционный контроль* – контроль, выполняемый в процессе производства работ и непосредственно после их завершения в целях установления

соответствия выполняемых работ нормативным требованиям, проектной документации и соблюдения производства работ. Операционный контроль осуществляется преимущественно измерительным методом или техническим осмотром. Результаты операционного контроля фиксируются в общих или специальных журналах работ и других документах, предусмотренных действующей в данной организации системой управления качеством.

Операционный контроль производится в соответствии со схемами операционного контроля. Схемы входят в состав технологических карт или составляются непосредственно при разработке проекта производства работ. Схема операционного контроля должна содержать:

- эскиз элементов земляного полотна во всех характерных сечениях с указанием способов рабочей разбивки, допускаемых отклонений от геометрических размеров, способов и требуемой точности измерений;
- ведомость применяемых грунтов с указанием их характеристик и допускаемых отклонений от плотности, требуемой толщины слоев и числа проходов катка (по данным журнала пробной укатки);
- состав, сроки и указания о способах операционного контроля;
- перечень контрольных операций, выполняемых прорабом, мастером, лабораторией, геодезической службой;
- перечень скрытых работ, подлежащих освидетельствованию с составлением акта.

В процессе производства земляных работ при помощи геодезических инструментов и переносных шаблонов непрерывно контролируют правильность соблюдения геометрических элементов, предусмотренных проектом. Производят контрольные промеры линий с установкой дополнительных плосовых точек и с разбивкой поперечников, проверочную продольную нивелировку и съемку поперечных профилей.

Геодезический контроль точности геометрических параметров земляного полотна является обязательной составной частью производственного контроля. Результаты геодезической (инструментальной) проверки при операционном контроле фиксируются в общем журнале работ. По результатам исполнительной геодезической съемки конструктивных элементов земляного полотна составляют исполнительные схемы (согласно СНиП 3.01.03–84, прил. 14). Исполнительные схемы и чертежи, составленные по результатам исполнительной съемки, используются при приемочном контроле, составлении исполнительной документации и оценке качества строительно-монтажных работ.

В ходе операционного контроля качества земляного полотна постоянно проверяют: правильность размещения осевой линии поверхно-

сти земляного полотна в плане и высотные отметки, толщину снимаемого плодородного слоя грунта, плотность грунта в основании земляного полотна, влажность используемого грунта, толщину отсыпаемых слоев, однородность и плотность грунта в слоях насыпи, ровность поверхности и поперечный профиль земляного полотна (расстояние между осью и бровкой, поперечный уклон, крутизну откосов), правильность выполнения водоотводных и дренажных сооружений, укрепления откосов и обочин.

Проверка правильности размещения оси земляного полотна, высотных отметок, поперечных профилей земляного полотна, обочин, водоотводных и дренажных сооружений и толщин слоев производится не реже чем через 100 м (в трех точках на поперечнике). Как правило, это производится в местах размещения знаков рабочей разбивки с помощью геодезических инструментов и шаблонов. Отклонение слоев насыпи по ширине, завышение или снижение крутизны откосов, другие искажения поперечного профиля должны устраняться в том же слое, где они обнаружены.

Для операционного контроля предпочтительно применять ускоренные методы, упрощенные схемы измерений, обеспечивающие немедленное получение результатов.

Контроль за однородностью грунта в слоях насыпи осуществляют визуально по цвету, структуре, липкости. В необходимых случаях применяют экспресс-методы (раскатывание, пенетрацию, прокаливание и др.)

Качество уплотнения грунтов контролируют при устройстве насыпей и оснований под дорожные конструкции в выемках, нулевых местах и в тех случаях, когда строительными нормами или проектом предусмотрены определенные требования к плотности. Измерение плотности проводится не реже одного раза в рабочую смену при объеме отсыпки до 1 тыс. м<sup>3</sup> не менее чем в трех местах по ширине насыпи. При объеме отсыпки более 1 тыс. м<sup>3</sup> в смену на каждую тысячу добавляют одну-две проверки. Число измерений в каждом месте определяется погрешностью метода. Места измерений размещают по оси и в 1–2 м от бровки насыпи со смещением в продольном направлении не менее чем на 10 м. При обнаружении недоуплотнения или неоднородности плотности грунта производится дополнительное уплотнение с повторным контролем плотности.

Поверхность каждого слоя земляного полотна должна быть спланирована во избежание избыточного увлажнения при атмосферных осадках. Ровность поверхности определяют визуально, исходя из требования обеспечения поверхностного стока. Наличие ям, колей, местных возвышений, выходов скальных пород более чем на 50 мм от отметки поверхности в данной точке не допускается.

Результаты операционного контроля фиксируются в актах освидетельствования скрытых работ, а также в актах промежуточной приемки ответственных конструкций.

*Приемочный контроль* – контроль, выполняемый по завершению строительства объекта или его этапов, скрытых работ и других объектов контроля. По его результатам принимается документированное решение о пригодности объекта к эксплуатации или выполнению последующих работ.

Толщина снятия растительного слоя контролируется по разности отметок непосредственным измерением на обрезах, а также по цвету грунта. Величина допускаемого отклонения от проектной толщины 10 %.

Плотность грунта контролируется в каждом технологическом слое по оси земляного полотна и на расстоянии 1,5–2,0 м от бровки, а при ширине отсыпаемого слоя более 20 м – в промежутках между ними.

Контроль плотности грунта производится на каждой сменной захватке работы уплотняющих машин, но не реже чем через 200 м при высоте насыпи до 3 м и не реже чем через 50 м при высоте насыпи более 3 м. Контроль плотности верхнего слоя производится не реже чем через 50 м. Дополнительный контроль плотности производится в каждом слое засыпки пазух труб, над трубами, в конусах и в местах сопряжения с мостами. Плотность грунта контролируется на глубине, равной 1/3 толщины уплотняемого слоя, но не менее 8 см.

Отклонения от требуемого значения коэффициента уплотнения в сторону уменьшения допускается не более чем в 10 % определений от их общего числа и не более чем на 4 %. Разница в показателях плотности на одном поперечнике верхнего слоя земляного полотна для дорог с усовершенствованными покрытиями не должна превышать 2 %.

Основным методом контроля плотности грунтов и насыпи или естественного основания является метод отбора образцов с последующим лабораторным определением требуемых показателей по ГОСТу 22733–2002. Допускается использовать экспресс-методы и приборы для ускоренного контроля плотности (пенетрационные, штамповочные, прибор Ковалева и др.). При этом в целях проверки не менее 10 % всех измерений следует выполнять стандартным методом с отбором образцов.

Степень уплотнения крупнообломочных грунтов, содержащих более 60 % обломочной фракции, считается достаточной, если полная величина осадки поверхности слоя грунта в результате уплотнения составляет 8–10 % первоначальной толщины, для верхнего слоя – 10–12 %.

Состояние строительного и постоянного водоотвода должно соответствовать нормативным требованиям: продольный уклон водоотводных канал и кюветов должен быть не менее 5 %, предельные уклоны не более 20 % – в супесчаных грунтах, не более 40 % – в суглинистых.

## 10.2. Учет и приемка земляных работ

В процессе возведения земляного полотна постоянно осуществляется учет выполненных работ. При этом устанавливают объемы выполненных работ и их качество. Различают оперативный и периодический учеты. Назначение оперативного или технологического учета заключается в том, чтобы получать ежедневные данные о выполнении работ на объекте по каждому человеку и по каждой машине отдельно с тем, чтобы иметь возможность анализа результатов труда, оперативного воздействия на их ход и устранения недостатков. Оперативный учет бывает обычно приближенным и осуществляется путем определения объема разрабатываемого грунта по числу циклов (рейсов) машин с учетом объема грунта разрабатываемого за один цикл. Однако и в этом случае для более правильного учета выработки машин необходимо заблаговременно или в процессе первых дней работы установить коэффициенты разрыхления грунтов, а также фактические объемы перемещаемого грунта в ковше скрепера, экскаватора, в кузове автосамосвала и т. д. Следует заметить, что при оперативном учете может осуществляться и инструментальный контроль за работами с применением геодезических инструментов.

Периодический контроль производится для точного учета объема и качества выполняемых работ в целях оплаты работ и их промежуточной приемки. Такой учет осуществляется только инструментально обычно не реже двух раз в месяц. При периодическом учете производят обмер фактически разработанного грунта в резервах, выемках, карьерах. Одновременно проводят проверку размеров земляного полотна и их соответствие проектным требованиям.

Оперативный контроль осуществляют бригадиры, мастера, производители работ непосредственно на своих рабочих участках; периодический – мастера, прорабы, работники управлений, а также лица аппарата технического надзора.

Правом контроля пользуются и представители заказчика, проектной организации (в порядке авторского надзора) и финансирующего банка.

Промежуточная приемка работ производится по мере выполнения скрытых работ, т. е. таких, которые при окончательной приемке земляного полотна проконтролировать и обмерить невозможно. Освидетельствование скрытых работ после проверки правильности их выполнения в натуре и ознакомления с технической документацией, а также промежуточная приемка оформляются актом освидетельствования скрытых работ и актом промежуточной приемки с обязательной оценкой соответствия выполненных работ требованиям СНиП. Акты составляются в трех экземплярах и после подписания хранятся: один экземпляр – у заказчика (в техническом надзоре), второй – у подрядчика, третий – в проектной организации.

При возведении земляного полотна освидетельствованию с составлением акта скрытых работ подлежат:

геодезические и разбивочные работы:

- восстановление и закрепление трассы;
  - создание геодезической разбивочной основы;
  - разбивка и закрепление в плане и профиле осей сооружения;
- земляные работы:
- снятие растительного слоя, корчевка пней и удаление кустарника;
  - нарезка уступов на косогорах;
  - замена грунтов в основании земляного полотна;
  - исполнительная ведомость нивелирования поперечных профилей земляного полотна;
  - качественные характеристики входного контроля грунта;
  - выписка из журнала послойного уплотнения грунта;
  - акт пробного уплотнения грунта;
  - сводная ведомость нивелировки уложенных слоев насыпи.

К ответственным конструкциям, подлежащим промежуточной приемке с составлением акта при сооружении земляного полотна, относятся:

- земляное полотно на переувлажненных, заторфованных или оттаивающих грунтах;
- сооружение насыпи на слабом основании;
- возведение насыпи высотой более 12 м;
- разработка выемки в скальных грунтах и устройство насыпей из крупнообломочных грунтов.

Окончательная приемка земляного полотна производится после окончания всех земляных работ и отделки полотна специально назначенной комиссией. При этом производятся контрольные промеры, нивелировки, определение плотности грунтов. Комиссии представляются все акты промежуточной приемки работ, ведомости контроля плотности грунтов и т. д. Допускаемые отклонения земляного полотна от проектных размеров приведены в табл. 13.

Комиссия должна дать заключение о соблюдении допусков и правил производства работ, соответствии конструктивных элементов полотна проектным требованиям, наличии утвержденной проектной документации и возможности выполнения следующего вида работ (устройство подстилающего слоя, основания и т. д.)

Следует подчеркнуть, что в современных условиях строгое соблюдение всех правил приемки земляного полотна в соответствии с действующими техническими требованиями является важнейшим элементом и действенной мерой повышения качества строящихся автомобильных дорог.

Таблица 13

## Допускаемые отклонения от проектных размеров земляного полотна

Показатели	Величина допускаемых отклонений	Показатели	Величина допускаемых отклонений
<i>Восстановление трассы</i>		<i>Земляное полотно</i>	
Невязка в сумме измеренных углов хода при $n$ измеренных углах, мин	$\sqrt{2n}$	Высотные отметки продольного профиля	До $\pm 50$ (10)* мм
Относительная разность между длиной трассы по проектным материалам и при восстановлении трассы	1/1000	Уменьшение крутизны откосов Положение оси в плане	До 10 % $\pm 0,2$ м
То же в горной местности	1/500	Расстояние между осью и бровкой земляного полотна	$\pm 10$ см
Невязка в отметках трассы по проектным материалам и по нивелирному ходу при восстановлении трассы длиной 1 км	$30\sqrt{L}$ мм	Увеличение поперечных размеров кюветов, нагорных и других канав (по дну) Глубина кюветов, нагорных и других канав (при обеспечении стока) Ширина насыпных берм Толщина слоя растительного грунта	до 5 см $\pm 5$ см $\pm 15$ см $\pm 20$ %

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

## Контрольные вопросы

- Сформулируйте назначение и виды контроля при возведении земляного полотна.
- Какие работы называются скрытыми и как осуществляется их учет?
- Какие существуют требования и допуски отклонений от проектных показателей отдельных элементов земляного полотна?
- Как осуществляется приемка и оценка качества земляного полотна?

## 11. ОХРАНА ПРИРОДЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

### 11.1. Общие положения. Основные задачи охраны природы

Наиболее значимые по своим последствиям технические решения по охране природы принимаются в ходе проектирования автомобильных дорог, а именно: выбор направления трассы дороги с учетом природных условий и ценности земель; рациональное использование природных ресурсов; размещение на дороге комплексов обслуживания пассажиров и ремонта машин; мероприятия по снижению уровня транспортного шума, загазованности воздуха, загрязнения водной среды, а также другие решения.

Мероприятия по охране природы, проводимые на стадии постройки дорог, менее широки. Они рассчитаны, как правило, на короткий период времени и производятся параллельно с выполнением основных работ однако значение их огромно, а ошибки, допускаемые при неправильном производстве работ, наносят большой урон природе.

Особенно серьезные последствия имеют место в тех географических районах, где из-за сложных климатических и местных условий затруднено развитие биологической жизни. Повреждение мохорастительного покрова в тундровых районах приводит к изменению местных экосистем, нарушению сложившегося воднотеплового режима почвы, развитию наледных и так называемых термокарстовых явлений. Неосторожная расчистка дорожной полосы на крутых горных склонах зачастую ведет к уничтожению растительности, развитию осыпей, селей и обвальных явлений далеко за пределами полосы расчистки и т. д. В условиях пустынь при неправильном выполнении земляных работ на больших площадях уничтожаются растительный покров, что часто приводит к эрозии почвы и образованию сыпучих подвижных песков.

Казалось бы, такие явления, как повышенная загрязненность воздуха дорожными машинами, строительный шум, загрязнение территорий, прилегающих к линейным строительным участкам, производственным базам и заводам, носят временный характер и поэтому не могут наносить существенный вред природе. Нельзя однако забывать, что люди работают на таких объектах постоянно, а они также являются частью, более того – наиболее ценной частью природы. Следовательно, при охране природы в процессе строительства дороги нет второстепенных вопросов. Все они должны учитываться и своевременно решаться.

Важнейшими и наиболее типичными элементами в общем комплексе задач по охране природы, которые решаются при производстве дорожно-строительных работ (а некоторые на двух стадиях – при проектировании и строительстве), являются следующие:

- распределение земляных масс, выбор средств механизации и производство земляных работ с учетом ценности земель и разумного сохранения природной среды;
- рекультивация земель;
- закрепление откосов земляного полотна и придорожной полосы от водной и ветровой эрозии;
- рациональное использование строительных материалов и утилизация отходов промышленности в дорожном строительстве, производство и организация работ на производственных предприятиях с учетом охраны природы.

## **11.2. Производство земляных работ с учетом ценности земель и защиты окружающей среды**

Земляные работы относятся к тем видам дорожных работ, от осуществления которых в большой степени зависит рациональное использование природных ресурсов и степень нарушения равновесия окружающей среды.

Для уменьшения объема изъятия из сельскохозяйственного производства земель под строительство дорог проводятся строгие ограничения по отчуждению земель, ценных в сельскохозяйственном отношении. В настоящее время для строительства дорог преимущественно выделяются неудобные для сельского хозяйства земли (песчаные, каменистые, болотистые и им подобные) или худшего качества. Изъятие пахотных и других ценных земель требует специальных разрешений на уровне государственных органов. Временно отводимые земли на период строительства для устройства притрассовых карьеров, резервов, подъездных дорог производственных предприятий после окончания строительства должны возвращаться в состоянии, пригодном для сельскохозяйственного использования.

Все это существенным образом отражается на организации и производстве земляных работ: распределении земляных масс, выборе средств механизации, на технологических схемах выполнения различных работ.

Еще в недалеком прошлом при распределении земляных масс вопрос о поперечном или продольном перемещении грунта решался, как правило, исходя лишь из стоимости земляных работ. При этом наиболее часто применялся вариант поперечного перемещения грунта бульдозерами и скреперами из резервов в насыпи и выемок в кавальеры или отвалы. Более выгодной часто оказывалась двойная переработка грунта из выемки в отвал и из резерва в насыпь, по сравнению с одноразовым его перемещением из выемки в насыпь. Естественно, при таких условиях ведущими машинами были бульдозеры и скреперы, при помощи которых выполнялась подавляющая часть линейных земляных работ.

В настоящее время в результате резкого уменьшения площади земель, отводимых для дорожного строительства, наиболее распространенным способом распределения земляных масс стало продольное перемещение грунта из выемок в насыпи и возведение насыпей за счет грунта, разрабатываемого в грунтовых карьерах при помощи экскаваторов с автомобильной возкой.

Требования охраны природы отражаются и на производстве различных видов земляных работ. Предусмотреть все реальные производственные ситуации, тем более изложить практические рекомендации для всех условий производства работ, естественно, нельзя. Поэтому прежде всего необходимо подчеркнуть, что каждый производственник, выполняя ту или иную работу, должен сам выбирать варианты, в наибольшей степени способствующие охране природы, ее животного и растительного мира, природных ресурсов, сложившегося равновесия.

Так, при расчистке дорожной полосы от кустарника и пней работы обычно выполняются при помощи бульдозеров. Срезанный покровный слой грунта вместе с кустарником часто перемещается на границы полосы расчистки и здесь оставляется в продольных валах. Иногда эти валы дополнительно разравниваются бульдозерами. Сюда же перемещаются выкорчеванные пни и «вычесанные» из грунта корни деревьев. Такие отвалы не только ухудшают общий вид дороги, но и являются рассадником вредителей деревьев, нарушают гидрологию местности, являются местом произрастания сорняков, участками, где разводятся грызуны и т. д. Совершенно очевидно, что срезанный кустарник, корни и пни должны либо сжигаться, либо перемещаться в пониженные места в отвалы с последующей засыпкой грунтом. Имеются данные о возможности использования древесных отходов в теле дорожных насыпей, что дает основание полагать о возможности укладки в нижние слои насыпей определенного количества отходов расчистки дорожной полосы, древесных опилок, древесной коры, порубочных остатков и других побочных материалов.

Очистку дорожной полосы от деревьев на горных склонах часто рекомендуется осуществлять при помощи лебедок, используя гибкую тросовую петлю. Нетрудно заметить, что при подобных работах без принятия дополнительных мер падение и перемещение деревьев может вызвать массовое падение камней и уничтожение растительности на большом протяжении вниз по склону за пределами дорожной полосы. Следовательно, подобные работы можно осуществлять лишь при наличии достаточных оснований, что разрушительные явления не произойдут. В остальных случаях групповая валка деревьев должна быть заменена валкой поштучно.

В число подготовительных работ при возведении земляного полотна входит осушение полосы отвода, которое обычно достигается устройством водоотвода в пониженные места рельефа. В одних случаях такая мера вполне

обоснована и может способствовать общему оздоровлению местности. Но при отсутствии выхода воды в местах ее массового сбора может происходить искусственное заболачивание площадей и резкое ухудшение состояния местных экосистем.

Другой подготовительной работой является устройство временных дорог. Исходя из требований наименьшего вредного влияния на внешнюю среду при устройстве таких дорог необходимо обеспечивать их систематическое выравнивание и улучшение состояния, поскольку в этом случае не только лучше сохраняется материальная часть машин и увеличиваются транспортные скорости, но также достигается ослабление транспортного шума и загазованности воздуха, а также его запыленность в сухое время года. При плохом качестве временных дорог – особенно на труднопроезжаемых низинных участках – происходит беспорядочное и неорганизованное движение машин, часто – по целине с уничтожением почвенного и растительного покрова. На таких местах происходят интенсивные эрозионные процессы, образуются промоины, зарождаются овраги. Таким образом, порождаются вредные, а иногда и необратимые процессы разрушения природных систем.

Влияние производственных процессов на окружающую среду следует учитывать и при выборе схем движения землеройных машин. Так, при возведении насыпей из резервов на участках пашни, лугов и других ценных угодий для уменьшения объема потрав следует избегать схем движения скреперов с поперечной загрузкой грунта в резервах, при которой существенно увеличивается площадь уничтожаемых посевов и естественных травостоев. Следует заметить, что в этих условиях применение скреперов по сравнению с бульдозерами предпочтительнее, так как при использовании бульдозеров неизбежно повреждаются полосы земли и за пределами резервов.

При организации земляных работ также имеются свои возможности предохранения и уменьшения вредного влияния на природу производственных процессов.

Известно, что в период выведения потомства сильный шум, присутствие людей могут распугнуть птиц и животных, заставив их бросить свои гнезда, птенцов, выводки. Поэтому при наличии производственной возможности при организации строительства следует учесть эти обстоятельства, планируя выполнение работ (особенно таких, как взрывные) в местах массового гнездования птиц и обитания животных не в периоды выведения потомства.

Работы по расчистке дорожной полосы в районах вечной мерзлоты во избежание повреждения мохорастительного покрова следует переносить на зимние месяцы, когда на поверхности земли появляется слой снега. В зимнее время также предпочтительнее вести заготовку леса и расчистку площадей (за пределами территорий будущих земляных работ), поскольку в этом слу-

чае при трелевке деревьев и хлыстов растительный покров сохраняется значительно лучше.

При выторфовании снимаемые слои обычно направляются в отвалы. При обезвоживании и пересыхании торф в отвалах легко самовозгорается, что нередко является причиной загорания торфяников и местных пожаров. В то же время торф, как известно, используется как органическое удобрение, подстильочный материал в животноводстве, сырье для химической промышленности, топливо. Еще более ценным удобрением является сапропель (донный ил, находящийся под слоем торфа).

Нет сомнения, что при надлежащей организации земляных работ и торф, и сапропель, и другие минеральные материалы могут использоваться местными сельскохозяйственными и промышленными организациями, а при этом-дорожные организации будут иметь дополнительный доход.

### 11.3. Рекультивация земель

Кроме земель, отводимых непосредственно для устройства земляного полотна и дорожных сооружений, в процессе строительства значительные территории выделяются дорожникам временно для создания на период строительства придорожных резервов и притрассовых карьеров, подъездных дорог, складов дорожно-строительных материалов и конструкций, производственных предприятий. Все эти участки после окончания строительства должны рекультивироваться, т. е. восстанавливаться и приводиться в состояние, обеспечивающее их эффективное использование по назначению (в сельском хозяйстве, под лесные насаждения, под водоемы, под жилищное и капитальное строительство).

Рекультивация земель осуществляется на основании соответствующих проектов, согласованных с основным землепользователем, а также с организациями государственного контроля, осуществляющими контроль за порядком использования земель и охраной государственных недр. Следует отметить, что несмотря на рекультивацию земель, временно используемых строителями, народному хозяйству наносится определенный ущерб, который должен учитываться при технико-экономических расчетах. Этот ущерб определяется объемом потери того урожая, который мог бы быть получен в данном году, и снижением урожайности в последующие годы – до тех пор, пока полностью не восстановится структура и плодородие почвы. При использовании лесных угодий необходимо учитывать комплексные потери древесины, пушинны, дичи, ягод, лекарственных растений, грибов за весь период восстановления потенциала.

Рекультивация земель является обязательной составной частью проекта автомобильной дороги. В эту часть входит схематический план трассы,

сводная таблица временно занимаемых земель, схемы организации разработки внетрассовых месторождений, основные проектные решения по рекультивации временно занимаемых земель по каждому резерву или карьеру, основные мероприятия по предупреждению возможной эрозии почв, строительные показатели рекультивации земель.

Рекультивация обычно подразделяется на два этапа: горнотехнический и биологический.

Горнотехнический этап включает снятие на участках земельных работ плодородного слоя почвы, его обваловывание, хранение, а в последующем – разработку и вывозку грунта, используемого для возведения земляного полотна. Сюда же входит общая планировка площадей с обеспечением необходимых уклонов местности, устройство водоемов в отработанных карьерах, противоэрозионные мероприятия.

Биологический этап включает после окончания строительства работ комплекс агротехнических мероприятий по восстановлению земель: удобрение почв, посев трав, посадку кустарника, деревьев и т. д.

Работы биологического этапа, как правило, выполняются силами землепользователя за счет средств, предусмотренных сметой на строительство автомобильной дороги.

Типовые схемы срезки и окучивания растительного грунта бульдозерами приводятся на рис. 51.

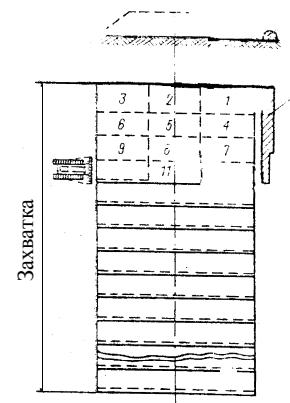


Рис. 51. Типовая схема срезки и окучивания  
растительного грунта бульдозерами:  
1, 2, 3, ..., 10, 11 – последовательность срезки  
грунта; а – вал растительного грунта

### Контрольные вопросы

1. Какие основные требования охраны природы должны соблюдаться при выполнении дорожных работ?
2. Как рационально использовать грунты на пахотных и особо ценных участках местности?
3. Как проводится рекультивация участков карьерных работ и территорий, занятых временными производственными строениями?

## Рекомендуемая литература

1. Горелышев Н. В. Технология и организация строительства автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1991. – 551 с.
2. Солодкий А. И., Карпов Б. Н. Календарное планирование строительства и ремонта автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1988. – 120 с.
3. Платонов А. П., Платонов В. А. Основы общей и инженерной экологии. – Ростов на Дону: Феникс, 2002 – 352 с.
4. СНиП 2.05.02–85\*. Автомобильные дороги. – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 54 с.
5. СНиП 3.06.03–85. Автомобильные дороги. – М.: Госстрой СССР, 1986. – 112 с.
6. Гурьев Т. А. Строительство автомобильных дорог. Ч. I. Земляное полотно. – Архангельск: Арх. ГТУ, 1997. – 216 с.
7. Строительство улиц и городских дорог: учебник для вузов / Под ред. А. Я. Тулаева. – М.: Стройиздат, 1987. – 480 с.
8. Першин М. Н., Кулижников А. М., Радов В. П. Дорожное грунтоведение/СПбГАСУ. – СПб., 1998. – 153 с.
9. Средства дорожной механизации. Технические характеристики и расчет производительности: учебное пособие. – М.: МКТП, 2003. – 66 с.
10. Троицкая Н. А., Чубиков А. Б. Единая транспортная система. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 240 с.
11. Хархута Н. Я., Васильев Ю. М. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1975. – 288 с.
12. Першин М. Н., Попов Н. Н., Радов В. П. Особенности строительства автомобильных дорог в горной местности: учебное пособие / СПбГАСУ. – СПб., 2002. – 57 с.
13. Ковалев П. В., Мансветов А. Б., Свежинская И. М. Пособие по производственному контролю качества при строительстве автомобильных дорог. – М.: НИЦ «Инженер», 1998. – 131 с.
14. Першин М. Н., Попов Н. Н. Особенности строительства автомобильных дорог в лесисто-болотистой местности / СПбГАСУ. – СПб., 2007. – 50 с.
15. Методические рекомендации по повышению эффективности использования виброкатков при сооружении земляного полотна автомобильных дорог. – М.: Союздорнии, 1987. – 39 с.
16. Подольский В. П., Глагольев А. В., Поспелов П. И. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Т.1. Земляное полотно: учебное пособие. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2005. – 528 с.
17. Руководство по сооружению земляного полотна автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1982. – 160 с.
18. Строительство и реконструкция автомобильных дорог: справочная энциклопедия (СЭД). Т. 1/ Под ред. А. П. Васильева. – М.: Информавтодор, 2005. – 646 с.
19. ГОСТ 22733–2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. – М.: Госстрой РФ, 2002.
20. Строительство автомобильных дорог: учебник для вузов / Под ред. В. К. Некрасова. – 2-е изд. – М.: Транспорт, 1980. – Т. 1. – 416 с.
21. Илюпов С. К., Матуя В. П. Технологические карты на устройство земляного полотна и дорожной одежды. – М.: Росавтодор, 2004. – 360 с.
22. Большая энциклопедия транспорта. Т. 8. Транспортное строительство / Под ред. М. Н. Першина, А. И. Солодского. – СПб.: Элмор, 2000. – 356 с.
23. Черкашин В. А. Разработка мерзлых грунтов. – Л.: Стройиздат, 1977. – 216 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Окончание табл. 3

**Типы и подтипы глинистых грунтов**

Грунты		Показатели	
Типы	Подтипы	Содержание песчаных частиц, % по массе	Число пластичности
Супесь	Легкая крупная	Свыше 50	1–7
	Легкая	Свыше 50	1–7
	Пылеватая	50–20	1–7
	Тяжелая пылеватая	Менее 20	1–7
Суглинок	Легкий	Свыше 40	7–12
	Легкий пылеватый	Менее 40	7–12
	Тяжелый	Свыше 40	12–17
	Тяжелый пылеватый	Менее 40	12–17
Глина	Песчанистая	Свыше 40	17–27
	Пылеватая	Менее 40	17–27
	Жирная	Не нормируется	Свыше 27

Таблица 2

**Значения коэффициентов относительного уплотнения**

Требуемый коэффициент уплотнения грунта	Значения коэффициентов относительного уплотнения для грунтов					
	Пески, супеси, суглинки пылеватые	Суглинки, глины	Лессы и лессовидные грунты	Скальные разрабатываемые грунты при объемной массе, г/см <sup>3</sup>	Шлаки, отвалы перерабатывающей промышленности	
				1,9–2,2	2,2–2,4	2,4–2,7
1,00	1,10	1,05	1,30	0,95	0,89	0,84
0,95	1,05	1,00	1,15	0,90	0,85	0,80
0,90	1,00	0,95	1,10	0,85	0,80	0,76

**Характеристики основных машин, применяемых при возведении земляного полотна**

Таблица 3

**Бульдозеры**

Модель	Длина отвала $b$ , м	Высота отвала $h$ , м	Рабочие скорости, км/ч		
			$v_3$	$v_n$	$v_{об.х}$
1	2	3	4	5	6
ДЗ-171.4	3,2	1,3	2,8	5,8	7,6
ДЗ-186	2,52	1,52	3,0	6,0	7,5
TD 15E	1,00	0,8	3,2	10,5	12,5
TK-25.05	1,4	0,72	3,5	10,0	15,1
D 5C	1,93	1,43	3,1	10,0	11,9

1	2	3	4	5	6
ДЗ-42В	2,52	0,8	2,5	5,0	8,0
Т-4АП2	2,84	1,05	3,0	6,0	7,5
Б1002ЕР	3,4	1,3	3,4	6,2	8,4
Т-5001	3,94	1,4	3,5	12,0	14,2
ДЭТ-350Б1Р2	4,2	1,8	4,7	9,5	13,2
D355A-3 (KOMATSU)	4,31	1,54	5,8	12,5	15,0
D4C XL	4,99	1,17	5,1	11,0	11,9
D9R	4,65	1,93	4,1	11,8	14,7
ДЗ-141УХЛ	4,8	2,0	4,0	8,0	11,5
D10R	5,26	2,12	5,2	12,5	15,6
D11R	6,35	2,37	4,8	11,6	14,1

Таблица 4

**Скреперы**

Модель	Вместимость ковша $q_{ск}$ , м <sup>3</sup>	Ширина захвата $b$ , м	Рабочие скорости, км/ч		
			$v_3$	$v_n$	$v_{об.х}$
ДЗ-87-1	4,5	2,43	2,5	15	21
ДЗ-149-5	8,8	2,85	2,5	20	28
МоАЗ-6014	11	2,82	4	30	44
ДЗ-13А	15	3,02	2,5	25	35
ДЗ-107-1	25	3,82	5	27	38

Таблица 5

**Экскаваторы**

Марка	Тип ходового оборудования	Вместимость ковша $q_3$ , м <sup>3</sup>	Максимальная глубинакопания $H_k$ , м	Максимальный радиус		Максимальная высота разгрузки $H_p$ , м
				копания	разгрузки $R_p$ , м	
СК50	Гусеничный	Обратная лопата	0,16	3,86	5,96	4,7
ЭО-2626Б	Пневмо-колесный	Обратная лопата	0,25	4,15	5,3	4,4
R308	Гусеничный	Обратная лопата, грейфер	0,35	3,9	7,7	6,3
ЭО-2621В-3	Пневмо-колесный	Прямая и обратная лопаты, гидромолот	0,28	4,15	5,0	4,6

Окончание табл. 5

Марка	Тип ходо-вого об-орудования	Тип рабо-чего обо-рудования	Вмести-мость ковша $q_3$ , м <sup>3</sup>	Макси-мальная глубина копания $H_k$ , м	Максимальный радиус		Макси-мальная высота раз-грузки $H_p$ , м
					копания $R_k$ , м	разгру-ки $R_p$ , м	
ЭО-3311Г	Пневмо-колесный	Обратная лопата	0,4	7,8	7,8	6,8	5,4
		Драглайн					3,8
ЭО-4112	Гусенич-ный	Обратная лопата	0,65	5,8	9,2	8,1	6,1
		Драглайн					5,3
АТЭК-851	Пневмо-колесный	Обратная лопата	0,8	5,26	8,28	7,4	7,43
A900	Пневмо-колесный	Обратная лопата, грейфер	1,05	7,5	10,5	9,2	8,15
АТЭК-761	Гусенич-ный	Обратная лопата	1,3	6,5	9,45	8,5	7,7
R914	То же	Обратная лопата	1,4	6,15	9,05	8,3	6,2
ЭО-5124А	«	Прямая лопата	2,0	6,2	10,1	9,3	5,8
		Обратная лопата					
ЭО-4326	Пневмо-колесный	Обратная лопата	1,42	6,3	8,0	7,3	6,5
ЭО-4225А	Гусенич-ный	Прямая лопата	2,5	6,0	8,0	8,0	6,3
ЕК-270LC	То же	Обратная лопата	1,5	7,7	11,2	10,0	7,97
		Грейфер					
ЕК-400	«	Обратная лопата	1,8	7,3	11,3	10,1	7,4
JS300	«	То же	1,85	8,2	11,7	10,4	7,46
R924	«	«	2,0	7,6	10,6	9,3	7,2
R934	«	«	2,2	7,95	11,2	9,8	7,7
R944	«	«	2,6	8,25	11,8	10,1	8,0
R954	«	«	2,8	7,5	11,3	9,7	7,3

Таблица 6

Экскаваторы-погрузчики							
Модель	Объем ковша погрузчи-ка $q_k$ , м <sup>3</sup>	Максимальная высота разгрузки погрузчика $H_p$ , м	Объем экска-ватор-ного ковша $q_3$ , м <sup>3</sup>	Макси-мальная глубина копания $H_k$ , м	Максимальный радиус		Макси-мальная высота разгрузки $H_p$ , м
					копания $R_k$ , м	раз-грузки $R_p$ , м	
JCB JCX	0,32	2,1	0,08	2,55	4,24	3,5	2,38
JCB 3CX	0,9	2,7	0,3	5,3	7,8	6,3	5,0
WB91 R-2	1,03	2,75	0,25	4,95	5,55	4,2	5,5
Caterpillar 446C	1,1	2,7	0,32	5,22	7,87	6,5	4,31
JCB 4CX	1,3	2,7	0,5	4,35	5,4	4,1	4,1

Таблица 7

## Фронтальные погрузчики

Модель	Грузоподъемность $q_{п}$ , т	Вместимость ковша $q_3$ , м <sup>3</sup>
ПУМ-500	0,5	0,38
ДЗ-133 (бульдозер-погрузчик)	0,75	0,38
ПМТС-1200	1,2	0,5
АМКОДОР-322	2,2	1,24
ТО-18Д	2,7	1,5
ТО-25-1 (ПК-3)	3,0	1,7
ТО-18Б	3,3	1,9
ТО-28	4,0	2,2
ТО-40	7,2	4,0

Таблица 8

## Экскаваторы-планировщики гидравлические

Модель	Ширина планируемой полосы $b$ , м	Длина планируемого участка с одной стоянки $l_{max}$ , м
ЭО-3523А-1	0,85	3,2
ЭО-3532А	0,90	5,6
660Е	0,95	3,6

Автогрейдеры

Модель	Длина отвала <i>b</i> , м	Высота отвала <i>h</i> , м	Рабочая скорость <i>v<sub>p</sub></i> , км/ч	
			при разравнивании	при профилировании
ДЗ-201	2,5	0,5	4,8	10,0
ГС-10.01	2,73	0,47	5,0	12,0
ДЗ-80	3,04	0,5	4,8	10,0
GD530A-2 (KOMATSU)	3,66	0,61	5,5	12,0
ДЗ-180А	3,74	0,62	5,0	12,0
A120.1	3,75	0,65	5,8	12,5
ДЗ-98	4,12	0,71	5,0	12,0
ДЗ-98В	4,27	0,74	5,1	12,0
GD825A (KOMATSU)	4,88	0,85	5,3	12,0

Таблица 10

## Дополнительное оборудование к автогрейдерам

Модель	Бульдозерный отвал		Ширина рыхлителя <i>b<sub>рых</sub></i> , м
	Длина <i>b</i> , м	Высота <i>h</i> , м	
ДЗ-98	3,22	0,99	1,9
ДЗ-120.1	3,04	0,8	—
ДЗ-180А	2,74	0,84	1,3
ДЗ-201	2,0	0,5	—
ГС-10.01	2,44	0,62	—

Таблица 11

## Технологические характеристики катков

Модель	Рабочая скорость при уплотнении грунтов <i>v<sub>p</sub></i> , км/ч	Глубина уплотнения грунтов в плотном теле (толщина уплотняемого слоя) <i>h<sub>сл</sub></i> , м	
		связных	несвязных
ДУ-65	4,0	0,25	0,30
ДУ-85	3,5	0,20	0,30
ДУ-84	3,5	0,25	0,30
К-701-ВК	До 3	0,60	—
VIBROMAX Duplex W70	До 10	—	0,2
VIBROMAX W152R	До 6	—	0,25
VIBROMAX W552R	До 5	—	0,30
CATER-PILLAR	6–11,2	0,60	—

Таблица 9

Модель	Рабочая скорость при уплотнении грунтов <i>v<sub>p</sub></i> , км/ч	Глубина уплотнения грунтов в плотном теле (толщина уплотняемого слоя) <i>h<sub>сл</sub></i> , м	
		связных	несвязных
Dynapac	4,8–22,4	0,50	—
BOMAG BW 16R	До 8,0	0,15	0,20
BOMAG BW 164 AC-2	До 8,0	0,15	0,20
HD 110K (HAMM)	До 10,0	0,25	0,30
GRW10 (HAMM)	До 14,0	0,20	0,25
GRW15 (HAMM)	До 14,0	0,25	0,30
ABG RTR250	До 12	0,25	0,30
HAMM GRW 18	До 14	0,27	0,32
CATER-PILLAR PS-200B	До 11	0,30	0,35
CATER-PILLAR PS-300B	До 10	0,35	0,40
STAVO-STROJ VP 200	До 12	0,40	0,50
CATER-PILLAR PS-500B	До 16	0,45	0,55

Таблица 12

## Самоходные катки

Модель	Тип машины	Масса, т	Ширина уплотняемой полосы <i>b</i> , м
VIBROMAX Duplex W70	Двухвальцовый вибрационный	0,8	0,65
VIBROMAX W152K	То же	1,5	0,85
Dynapac CC82	«	1,57	0,8
ABG DD22	«	2,6	1,0
ABG DD32	«	3,2	1,32
ДУ-72	«	3,8–5,5	1,08
ДУ-73	«	6,0	1,4
ДУ-74	Одновальцовый вибрационный	9,5	1,7
ДУ-63	Двухвальцовый вибрационный	10,5	1,7
BA-9002	Двухвальцовый вибрационный	11,0	1,69

Окончание табл. 12

Модель	Тип машины	Масса, т	Ширина уплотняемой полосы <i>b</i> , м
ДУ-65	Пневмоколесный (4+4)	12,0	1,7
ДУ-85	Одновальцовый вибрационный	13,0	2,0
ДУ-84	Вибрационный комбинированный	15–16	2,0
ДУ47 Б-1	Двухвальцовый статический	6,0	1,4
ДУ63-1	Двухвальцовый статический	8,5	1,7
K-701-BK	Вибрационный кулачковый	25	2,85
ДУ-9В	Трехвальцовый статический	11–18	1,29
ДУ-49А	Трехвальцовый статический	11–18	1,29
VIBROMAX W552	Вибрационный	6,7	1,4
CATERPILLAR CB-544	Двухвальцовый вибрационный	10,7	1,7
CATERPILLAR CB-634C	Двухвальцовый вибрационный	11,7	2,13
CATERPILLAR	Кулачковый	33,3	1,12
Dynapac CC432	Двухвальцовый вибрационный	11,9	1,68
Dynapac CC501	Двухвальцовый вибрационный	16,5	2,13
Dynapac	Кулачковый	21,4	1,0
BOMAG BW 144 AD-2	Двухвальцовый вибрационный	7,0; 7,5	1,5
BOMAG BW 16R	Пневмоколесный (4+4)	8,0	1,98
BOMAG BW 164 AC-2	Комбинированный	9,2	1,68
BOMAG BW 184 AD-2	Двухвальцовый вибрационный	11,3	1,5
HAMM HD 110K	Комбинированный	8,2; 9,3	1,68
HAMM GRW 10	Пневмоколесный (4+4)	8,8	1,74
HAMM GRW 15	То же	11,5	1,74
ABG RTR250	«	13,1	1,9
HAMM GRW 18	«	14,5	1,9
CATERPILLAR PS-200B	«	18,1	1,73
CATERPILLAR PS-300B	Пневмоколесный (3+4)	23,1	1,9
	Пневмоколесный (4+4)	24,0	1,9
CATERPILLAR PS-500	Пневмоколесный (3+4)	35,0	2,42

Таблица 13  
Ручные средства для уплотнения дорожно-строительных материалов и грунта

Модель и тип	Рабочая скорость <i>v<sub>p</sub></i> , м/ч	Ширина рабочего органа <i>b</i> , м	Толщина уплотняемого слоя грунтов	
			связных	несвязных
BT50 вибротрамбовка	До 1140	0,23	0,20	0,30
BT75 вибротрамбовка	До 1080	0,28	0,25	0,40
BP 15/45-2 виброплита	До 1500	0,45	0,20	0,20
BPR 40/45 D реверсивная виброплита	До 1500	0,45	0,15	0,30
BPR 80/60 D-2 реверсивная виброплита	До 1500	0,58	0,40	0,50
BW 60S ручной виброкаток	До 1500	0,60	0,15	0,25

Таблица 14

## Машины для посева трав

Модель и тип машины	Дальность полета струи, м	Техническая производительность <i>P<sub>t</sub></i> , м <sup>2</sup>
МК-14-1, прицепная к трактору	40	4200
ДЭ-16, на автомобиле ЗИЛ	40	3800

Таблица 15

## Автомобили-самосвалы

Модель	Грузоподъемность, <i>q<sub>ac</sub></i> , т	Объем кузова, <i>q<sub>k</sub></i> , м <sup>3</sup>	Скорость движения <i>v</i> , км/ч	
			по грунтовым и специальным дорогам	по дорогам с твердым покрытием
ЗИЛ-ММ3-45085	5,8	3,8	30	45
Урал-55224	7,22	7,1	28	40
МАЗ-5551	10,0	5,5	28	40
КамАЗ-55111	13,0	6,6	30	45
МАЗ-5516	16,5	10,0	30	45
КрАЗ-65034	18,0	12,0	25	35
МАЗ-551603-023	20,0	12,5	35	50
MAN TG-A 33.363FDK-WW	21,0	13,0	35	55
MoA3-75051	23,0	15,5	40	50
Volvo D250E	27,0	12,9	40	55
БелАЗ-75404	30	18,5	40	—
Volvo D250E	32,5	20,0	40	55
Volvo D250E	37	22,5	40	55
БелАЗ-75404	45	26,0	40	—

*Окончание табл. 15*

Модель	Грузоподъемность, $q_{ac}$ , т	Объем кузова, $q_k$ , м <sup>3</sup>	Скорость движения $v$ , км/ч	
			по грунтовым и специальным дорогам	по дорогам с твердым покрытием
БелАЗ-75404	55	56,0	40	—
БелАЗ-75404	80	74,0	35	—
Самосвальный полуприцеп CAT-112-01 к автомобилям МАЗ	26,0 (24,0)	16,4	28	40
Самосвальный полуприцеп CAT-112-01 к автомобилям МАЗ	34,0 (24,0)	19,0	28	40

Учебное издание

**Михаил Николаевич Першин  
Галина Ивановна Артюхина**

**ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Редактор О. Д. Камнева  
Корректор К. И. Бойкова  
Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 26.12.07. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная  
Усл. печ. л. 7,25. Уч.-изд. л. 7,37. Тираж 100 экз. Заказ 208. «С» 94.  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, 4.  
Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, 5.



