

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра транспорта и дорожного строительства

Б. А. Кошелев.

**ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ
СТРОИТЕЛЬСТВА «АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ»**

Курс лекций для студентов заочного факультета специальности «270205»
для V курса

Екатеринбург

2007

«Основы технологии и организации строительства, автомобильных дорог»,
Курс Лекций. Б.А. Кошелев. Уральский государственный лесотехнический
университет, 2007г.

В курсе лекций рассматриваются основные положения норм строительства
автомобильных дорог. Предназначено для студентов заочного факультета
спец. «270205»

Печатается по решению редакционно-издательского совета Уральского
государственного лесотехнического университета

Рецензенты: кафедра транспорта и дорожного строительства Уральского
государственного лесотехнического университета: заместитель начальника
СОГУ управления автомобильных дорог, профессор В.Н. Дмитриев.

Протокол №7 от 02.05.07

Редактор Е.Л. Михайлова
Оператор А.А. Сидорова

Подписано в печать 05.04.07	Формат 60x84 1/16	Переиздание
Плоская печать		Тираж 100 экз.
Заказ № 385	Печ.л. 6,00	Цена 47руб.00к.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Лекция №1

Введение.

Научные основы строительства автомобильных дорог. Достижения
научно-технического прогресса в отечественном и мировом дорожном
строительстве. Состав дорожно-строительных работ и способы их
осуществления. Понятия о технологии и организации дорожно-
строительных работ.

Основные положения теории надежности автомобильных дорог и ее
роль в обеспечении качества строительства

1. Технология дорожного строительства

В современном понимании — это научная дисциплина,
разрабатывающая и совершенствующая приемы и способы обработки
материалов, полуфабрикатов и изделий, осуществляемые при
строительстве автомобильных дорог. В состав современной технологии
включают и технологический контроль производства.

Комплекс инженерных сооружений автомобильных дорог,
предназначенных для экономичной перевозки автомобилями пассажиров и
грузов, подразделяют на земляное полотно, дорожные одежды,
искусственные сооружения и обустройство дороги.

Требуемые объемы дорожно-строительных работ должны быть
выполнены с требуемым качеством при снижении их стоимости.

Повышения эффективности дорожного строительства связано с
решением научных и производственных проблем.

Первое: это поиск новых материалов(вяжущих, которые заменят
битумы и снизят расход цемента).

Второе: замена основной массы природных каменных материалов —
песками, укрепленными побочными продуктами и отходами
промышленности.

Третье: использование искусственных материалов (керамзит, керамдор).

Специфическая трудность дорожного строительства состоит в том, что в обычных атмосферных условиях при переменных во времени температуре и влажности необходимо обеспечить оптимальное формирование требуемых свойств дорожных сооружений и в первую очередь прочности.

2. Условия обеспечения прочности и работоспособности дороги.

Для обеспечения требуемых эксплуатационных качеств (работоспособность) автомобильной дороги в процессе ее строительства, необходимо:

1. Обеспечить требуемую прочность земляного полотна и дорожной одежды (в том числе и зон контакта между конструктивными слоями дорожной одежды). Для этой цели необходимо обеспечить однородность грунтов по слоям резания и слоям отсыпок, однородность влажности и толщины слоев грунтов при их уплотнении; среднюю влажность, плотность и ровность отсыпаемых слоев грунта; водоотвод в карьере (резерве) и на месте сооружения земляного полотна.

При строительстве конструктивных слоев дорожных одежд из песка, щебня и гравия необходимо обеспечивать однородность материалов по составу в местах заготовки и укладки; однородность по влажности и толщине слоев при уплотнении; требуемую среднюю влажность (близкую к оптимальной) плотность и ровность при уплотнении, водоотвод и исключение движения автомобилей по неуплотненным слоям из гравийного и щебеночного материалов.

При строительстве конструктивных слоев из материалов, обработанных органическими вяжущими, для обеспечения прочности и работоспособности автомобильной дороги необходимо обеспечить

чистоту, ровность шероховатость и качество нижележащего слоя, однородность смеси по составу, температуре и физико-механическим свойствам при кладке; требуемую среднюю температуру, плотность, толщину слоя и ровность при уплотнении.

При строительстве конструктивных слоев дорожной одежды из материалов обработанных неорганическими вяжущими (цемент, известь ...) необходимо обеспечить однородность исходных материалов для бетона по составу и физико-механическим свойствам, однородность цементно-бетонной смеси по составу, подвижности (удобноукладываемости) и другим физико-механическим свойствам; стабильность технологическим режимов работы комплекта бетоноукладочных машин, требуемый средний уровень подвижности смеси; толщину укладываемого слоя и ровность при уплотнении; стабильность температуры и влажности бетона в процессе его твердения: исключение движения автомобилей по бетону в начальный период его твердения.

2. Исключить или уменьшить в ходе строительства деструкционные процессы (процессы разрушения) и обеспечить по возможности развитие процесса структурирования. Например: исключить раскалывания щебенки и округления их углов (перекат) при уплотнении; устранить температурно-усадочные трещины посредством ухода за бетоном; Укладывать гидро- и теплоизоляционные слои; замедлять процесс старения бетона.

3. Повысить начальные эксплуатационные качества (прочность, ровность, шероховатость) верхнего слоя покрытия технологическими и эксплуатационными мероприятиями. Например: строительство слоев износа путем втапливания более прочного малошлифующегося щебня; устройство бороздок на поверхности покрытия для повышения шероховатости.

4. Организовать управление качеством работ, то есть осуществлять оперативный

контроль качества при выполнении всех технологических операций и по результатам контроля корректировать параметры технологических процессов. Например: следящие автоматизированные системы исполнительных органах бетоноукладочных - машин, асфальтоукладчиков, автогрейдеров. Автоматизированный контроль прочности и плотности конструктивных слоев.

5. Принятая технология (способ производства) работ должна соответствовать климатическим, сезонным (погодным), грунтовым и другим местным особенностям.

3. Взаимосвязь технологии и организации работ.

Технология работ — это как и чем выполнять тот или иной технологический процесс. *Организация работ* - это увязка всех имеющихся ресурсов во времени, то есть когда и кому выполнять данный технологический процесс.

4. Организация работ на строительстве дорог.

Для обеспечения эффективности и качества работ на строительстве автомобильных дорог необходимо использование современных научно обоснованных методов организации производства.

Захватка — участок работ, занимающий такое протяжение дорог (в мерах) на котором специализированное звено машин выполняет данный рабочий процесс, рабочую операцию или комплекс их. Если звено машин выполняет рабочие процессы и операции на одной захватке в течение одной смены, такие захватки называют сменными. Захватки могут быть: полусменными, двух, и трехсменными).

Производительность частного потока определяют его скоростью в смену, то есть *протяженностью* сменной захватки.

Скорость потока и длину захватки назначают на основе опытных данных в пределах 100 ч- 300 м/смену. Более правильно определяют расчетом с учетом производительности всех машин в потоке.

5. Основы теории надежности автомобильных дорог.

Надежность автомобильной дороги — это ее способность обеспечивать безопасное расчетное движение со средней годовой скоростью, близкой к оптимальной, в течение нормативного срока службы.

В теории надежности различают начальную безотказность, ремонтпригодность, срока службы, сохранность.

Начальная безотказность автомобильной дороги — это вероятность того, что в любой момент окончания строительства и сдачи дороги в эксплуатацию скорость транспортного потока будет близка к оптимальной.

Ремонтпригодность — это возможность без задержки движения восстановление ее работоспособности посредством проведения соответствующих ремонтных работ, обеспечивающих оптимальную скорость движения потока автомобилей.

Срок службы дороги — это период времени, в течение которого обеспечена среднегодовая оптимальная скорость движения потока автомобилей.

На скорость движения потока автомобилей оказывает влияние состояния основных элементов автомобильной дороги — земляного полотна и дорожной одежды.

Состояние дорожной одежды характеризуют: прочностью, ровностью, шероховатостью.

Для количественного определения надежности P дорожной одежды на прочности используют зависимость

$$P = \frac{F_{пр}}{F_{общ}}$$

где $F_{пр}$ — площадь дорожной одежды с требуемой прочностью.

$F_{общ}$ — общая площадь дорожной одежды на рассматриваемом участке.

Лекция 2

Сооружение ЗП на болотах

1. Типы болот и способы возведения на них насыпей

Возведение ЗП на болотах представляет значительные трудности.

Торф, заполняющий болота обладает большой сжимаемостью, а полужидкие и жидкие болотные илы под нагрузкой легко выжимаются в стороны. Поэтому конструкции насыпей на болотах, а так же способы работ, обеспечивающие необходимую устойчивость ЗП, существенно отличаются от применяемых на минеральных грунтах.

Выбор конструкции насыпи и способы работ зависят от глубины болота, характера и свойств торфяной залежи и категории дороги.

При проектировании а/д пользуются строительной классификацией болот, по которой, в зависимости от вида торфа и несущей способности, выделяют три типа торфа.

I - болота, заполненные до дна торфами устойчивой конструкции (лесная, лесотравяная, лесо-моховая группы);

II - болота с торфом неустойчивой консистенции (травяные и моховые группы);

III - болота сплавинные, заполненные жидкими торфами с плавающим торфяным ковром (сплавиной) различной толщины.

Показателями для оценки строительных свойств торфяной залежи являются плотность и влажность торфяных слоев в условиях естественного залегания, а так же степень разложения торфа.

№ пп	Группа торфа	Степень разложения	Зольность	Полная влагоемкость	Удельный вес торфа
1	Лесная	48-50	8-10	670-735	1,4-1,45
2	Лесо-травяная	42-45	6-10	735-810	1,43-1,4-7
3	Лесо-моховая	40-42	4-8	810-900	1,45-1,49
4	Травяная	35-40	5-7	900-1010	1,46-1,5
5	Траво-моховая	25-30	3-8	1010-1330	1,5-1,56
6	Моховая	5-20	3-5	1330-1900	1,56-1,651

Требования к торфяному основанию, оставляемому под насыпью, сводятся к соблюдению трех условий:

1. Торф под нагрузкой насыпи не должен выдавливаться в стороны (проверка на устойчивость).

2. Осадка торфа должна закончатся для устройства покрытия (проверка величины и временем осадка);

3. По окончании осадки и после устройства покрытия упругие деформации от заданной временной нагрузки не должны быть больше допускаемых для данного типа покрытия (проверка по упругому прогибу).

Для обеспечения этих требований в зависимости от категории дороги и типа болота на болотах возводят без выторфовывания, с отсыпкой непосредственно на поверхность болота; с полным или частичным выторфовыванием; с посадкой насыпи на минеральное дно; с устройством песчаных вертикальных дрен или дренажных прорезей.

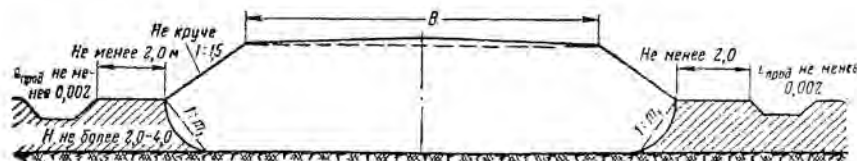


Рис. 1. Поперечный профиль насыпи на болотах I типа (сплошь заполненных торфом устойчивой консистенции) с полным выторфовыванием.

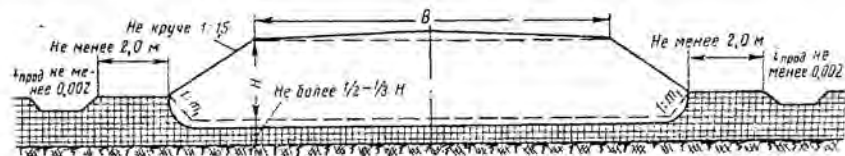


Рис. 2. Поперечный профиль насыпи на болотах I типа с частичным выторфовыванием

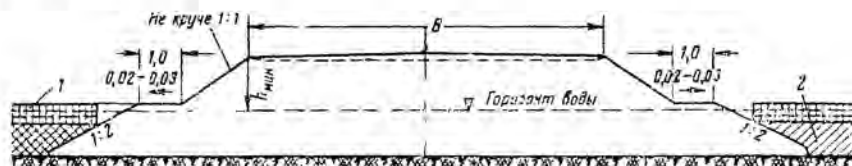


Рис. 3. Поперечный профиль насыпи на болотах 2-3 типов (заполненных торфом неустойчивой консистенции или слявиной) с погружением на минеральное дно.

1 - торф неустойчивой консистенции или торфяной ковер (слявина); 2 - ил (сапропель) или вода.

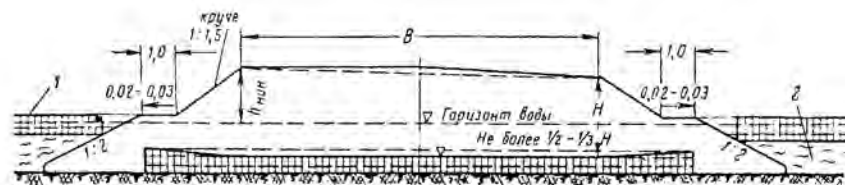


Рис. 4. Поперечный профиль насыпи на болотах 3 типа с погружением на торфяной ковер (слявину).

1 - торфяной ковер; 2 - ил (сапропель)

При определении высоты насыпи, отсыпaeмой консистенции на поверхности болота или при частичном выторфовывании необходимо

учитывать величину осадки торфа, время ее проникания и обеспечивать устойчивость торфяного основания.

Величину осадки для болот I типа определяют по формуле:

$$S = \frac{W_{\text{пв}} - W_{\text{р}}}{W_{\text{пв}} + \frac{100}{\Delta T}}$$

Где $W_{\text{пв}}$ - полная влагоемкость торфа, %

$W_{\text{р}}$ - влажность торфа, соответствующая приложенному давлению P от высоты насыпи ($P = H \cdot \Delta T$), %

ΔT - удельный вес торфа

H - глубины болота

2. Возведение на болотах I типа на дорогах строящихся с усовершенствованным покрытием, торф из-под насыпи, как правило, удаляют полностью, если глубина не превышает 4м при капитальных покрытиях и 2м - при облегченных. При устройстве усовершенствованных покрытий на болотах больших глубин, сплошь заполненных торфом устойчивой консистенции, его удаляют частично, при этом учитывают условия, чтобы упругие деформации торфа от временной нагрузки не были больше допускаемых. Согласно СНиП П-Д.5-62, чтобы толщина оставляемого сплошного слоя торфа под насыпью с учетом его обжатия оставляла не более 1/3 толщины минеральной части насыпи при переходных и не более 1/2 при низших типах покрытий. Лишь при высоте насыпи более 3м? осыпaeмой на болотах I типа, допускается не делать выторфовывание.

В тех случаях, когда на болотах I типа торф под насыпью оставляют, для ускорения осадки и повышения устойчивости основания в соответствующих условиях применяют устройство в торфе вертикальных песчаных дрeн, дренажных прорезей - траншей, заполненных песком, что

позволяет быстрее осушить торфяное основание; при необходимости дополнительное осушение и большая стабилизация торфяного основания могут быть достигнуты воздействием на торф постоянного электротока.

Для ускорения осадки в соответствующих условиях применяют метод временной перегрузки торфяного основания. Перегрузку создают по средствам устройства более узкой, но более высокой насыпи с последующим (после окончания осадки) ее разравниванием на проектную ширину и до проектных отметок. Высота узкой насыпи определяется из условия, чтобы общий ее вес был равен суммарному весу насыпи проектных размеров, включая вес дорожной одежды и временной нагрузки на насыпи.

3. Способы выторфовывания.

Выторфовывание на болотах I типа осуществляют: механическим способом с помощью экскаваторов, взрыванием и гидромеханизированным способом.

Механическое выторфовывание производят экскаваторами драглайн с уширенными гусеницами, удлиненными стрелами и ковшом повышенной емкости по сравнению с применяемыми на минеральных грунтах. Передвижение экскаватора при достаточной устойчивости верхнего слоя торфа может осуществляться непосредственно по болоту или по шитам, уложенным на торф. Выторфовывание ведут одной, двумя или тремя траншеями - в зависимости от ширины насыпи по низу и длины стрелы экскаватора. При ширине насыпи менее 20м ограничиваются устройством одной траншеи. Торф из траншеи выгружают экскаватором в боковые продольные отвалы. Вслед за рытьем каждой траншеи их засыпают грунтом. Грунт для насыпи разрабатывают в сосредоточенных резервах (карьерах) расположенных по возможности ближе к болоту. Резервы разрабатывают экскаваторами с прямой лопатой (погрузкой грунта в

автомобили - самосвалы или при небольшой дальности возки в прицепные тракторные тележки.

При малой устойчивости верхнего слоя торфа, не позволяющей осуществлять движение транспорта по болоту, выторфовывание ведут взрывным способом с устройством поперечных или продольных траншей взрывом торфа на выброс и засыпкой траншей грунтом.

При устройстве поперечных траншей насыпь отсыпают автомобилями, тракторными тележками, самоходными скреперами; при устройстве продольных траншей продольная отсыпка грунта осуществляется автомобилями.

Вертикальные песчаные дрены и прорези - траншеи.

Для ускорения консолидации торфяного основания при неполном выторфовывании на плотных хорошо разложившихся торфах на болотах (I типа) устраивают вертикальные песчаные дрены или дренажные траншеи, заполняемые песком.

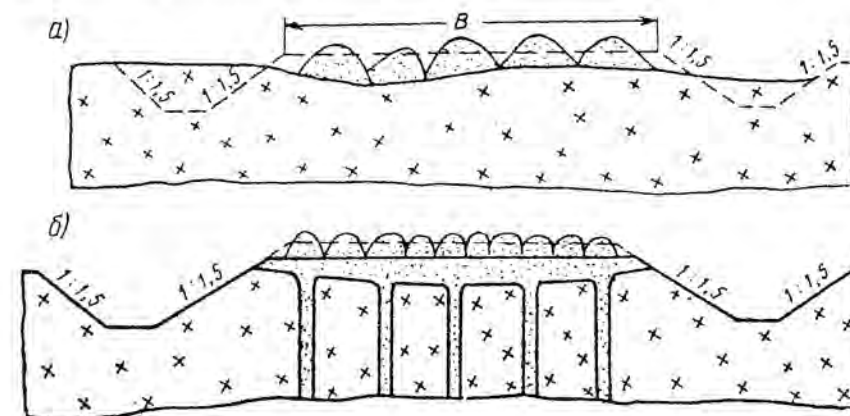


Рис. 5. Вертикальные и песчаные дрены

а) песок для устройства нижнего слоя насыпи; б) песок для возведения насыпи проектной высоты.

Вертикальные дрены уменьшают путь фильтрации воды, выделяющейся из торфа под нагрузкой насыпи, благодаря этому осадка заканчивается за 3 - 4 месяца.

Для устройства дрен вначале отсыпают на болотах песчаную подушку толщиной не менее 30см, затем с помощью комплекта оборудования, установленного на отсыпанную подушку, устраивают в шахматном порядке вертикальные дрены диаметром 30-40см, расположенные на расстоянии 3-4м друг от друга.

При мощности торфа менее 3м вместо песчаных вертикальных дрен устраивают продольные дренажные прорезы - траншеи. Для устройства вертикальных дрен применяют экскаватор с краповой стрелой, к стреле крепят обсадную трубу с вибропогружателем. Вибропогружатель погружает обсадную трубу в торф до минерального дна. Экскаватор с ковшом малой емкости заполняет трубу дренирующим песком или гравием. Затем трубу вынимают. С одной стороны стоянки экскаватора устраивают один ряд дрен.

Дренажные траншеи роют экскаватором, оборудованным обратной лопатой. Песок подвезенный к прорезам-траншеям, засыпают в них бульдозером.

4. Возведение земляного полотна на болотах 2 типа.

Насыпи на болотах 2 типа так же, как и на болотах 1 типа, можно возводить отсыпкой грунта с «головы», а при достаточной несущей способности торфа - продольным способом с устройством вдоль насыпи подъездного земляного пути.

Для посадки насыпи на минеральное дно болота до 3м перед началом работ готовят путем разрыхления их поверхности взрывами мелких зарядов на пологие 10м в каждую сторону от оси насыпи; заряды закладывают в неглубокие (1-1,2м) скважины.

При глубоких (более 4 м) болотах 2 типа, взрывают верхний, более плотный слой торфа и весом отсыпной насыпи вытесняют в стороны оставшейся разжиженный слой сапропеля. Насыпь отсыпают на поверхность болота до проектной высоты с учетом удаления торфа.

5. Возведения ЗП на болотах 3 типа.

Возводить на болотах со сплавной к подстилающим ее жидкими торфами можно, отсыпая грунт с «головы» автомобилями - самосвалами, и продольным способом с перемещениями грунта автомобилями, при достаточной мощности торфяной корки - сплавной, допускающей устройство землевозного пути. Широкие насыпи рекомендуется возводить, начиная от оси насыпи, чтобы придать сплавине выгнутую форму, способствующую отжатию торфа в стороны под действием веса насыпи. Во избежание случайных разрывов необходимо отделить полосу сплавной под насыпью от остальной сплавной продольными прорезями шириной не менее 1м каждая. При продольном методе отсыпки погружают на минеральное дно вместе со сплошной. В необходимых случаях сплавину разделяют также на отдельные части поперечными прорезями

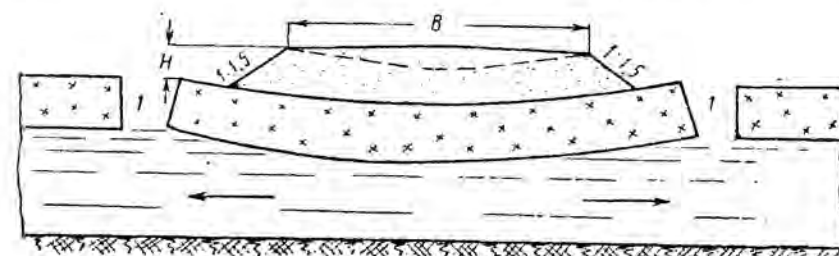


Рис. 6. Схема опускания насыпи на сплавину

1 - прорезы в сплавине

Для равномерного погружения насыпи ее отсыпают равномерно по всей длине и ширине с постепенным увеличением поперечного сечения.

Лекция 3

1. Разработка выемок (грунтовых карьеров) и возведение насыпей экскаваторами.

Грунт разрабатывают экскаваторами и перевозят автомобилями - самосвалами грузоподъемностью не менее 5 -10 т. средняя дальность возки грунта 1,5-2км. Экскаваторы применяют для разработки грунта в выемках или грунтовых карьерах с погрузкой в транспортные средства; боковых резервах с отсыпкой в насыпь; полу выемках на косогоре с отсыпкой в полу насыпь и в выемках с отсыпкой грунта в кавальер. Кроме того экскаваторы применяют для рытья траншей, нагорных и водоотводных канав, а так же погрузки грунта на транспортные средства.

Емкость ковша экскаваторов выбирают с учетом объема земляных работ:

Емкость ковша	0,15	1,0	2,0
Объем земляных работ тыс.м ³	Не менее 20	Не менее 30-60	Не менее 50-100

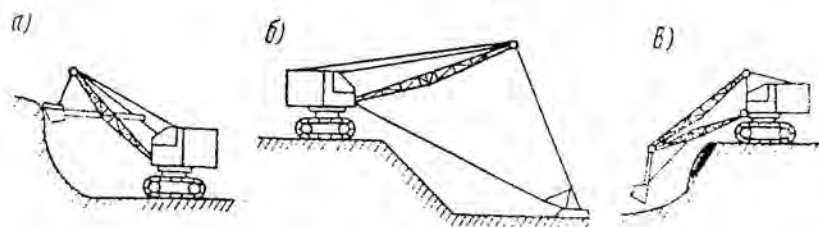


Рис. 1. Разработка грунта. Место разработки грунта экскаватором называют забоем.

а) прямой лопатой; б) драглайном; в) обратной лопатой;

Очертание забоя зависит от категории грунта, условий перемещения экскаватора и вида сменного оборудования.

Прямую лопату применяют при разработке выемок и грунтовых карьеров с погрузкой грунта в транспортные средства, а так же полу выемок на косогорах. Экскаватор с прямой лопатой используют при высоких забоях, обеспечивающих полную загрузку ковша.

Высоту забоя назначают равной наибольшей высоте резания экскаватора в зависимости от емкости ковша:

Емкость ковша, м ³	0,5	1,0	2,0
Наибольшая высота	6,6	8,0	9,3

При разработке мелких выемок ограничиваются меньшей высотой забоя.

Емкость ковша, м ³	0,5-0,65	1,0	2,0
Наименьшая высота забоя для экскаватора с прямой лопатой, м			
Грунт 1 группы	0,7	1,0	1,0-2,1
Грунт 2 группы	0,7	1,15	1,8-2,5
Грунт 3 группы	0,9	1,3-2,5	2,0-2,5

Экскаватором, оборудованным драглайном или обратной лопатой, разрабатывают грунт лишь с поверхности забоя..

До разработки грунта нужно тщательно выяснить свойства и мощность почво-грунтов. При их неоднородности требуется составление детальных схем последовательности разработки выемки или грунтового карьера, а так же рациональной укладки грунта в теле насыпи, чтобы обеспечить устойчивость и равномерную их прочность. Разработку прямой лопатой глубоких выемок и грунтовых карьеров начинают с пионерной траншеи. От нулевой отметки устраивают съезд для вывозки грунта с уклоном до 150⁰/₁₀₀.

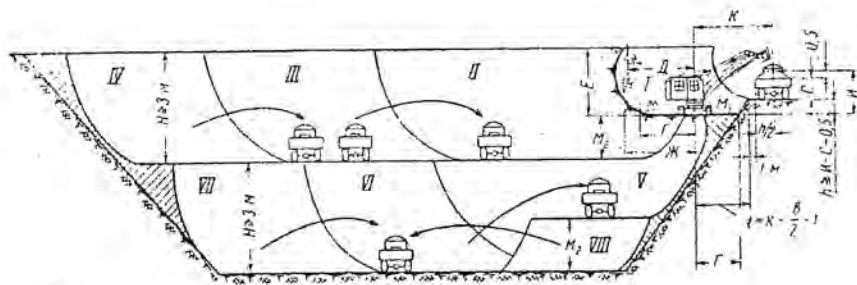


Рис. 2. Схема разработки выемки экскаватором

I - VIII - заходки экскаватора; H - оптимальная высота забоя; M_1 - высота ступеньки для экскаватора, разрабатывающего пионерную траншею; M_2 - то же, для основного экскаватора (с ковшом большой емкости)

Ширину пионерной траншеи назначают условия, чтобы экскаватор, оборудованный прямой или обратной лопатой, при повороте на разгрузку хвостовой частью не задевая за боковую стенку забоя. Кроме того, ковш должен подниматься выше боковой стенки забоя пионерной траншеи. Ее ширину понижу принимают не менее 6м, а глубину - 2,5м. Пионерная траншея служит для врезки экскаватора в грунтовую толщу. При ее разработке вначале целесообразно применять бульдозер с перемещением грунта в насыпь. При его помощи устраивают съезды и выезды для транспортных средств. Если затруднен подъезд автомобилей-самосвалов к экскаватору, то грунт из пионерной траншеи сбрасывают в отвал с дальнейшей его погрузкой на транспортные средства при последующих проходах экскаватора.

Выемку разрабатывают продольными проходами экскаватора, оборудованного прямой лопатой, с подачей автомобилей по дну разрабатываемой проходки.

Забой называют лобовым.

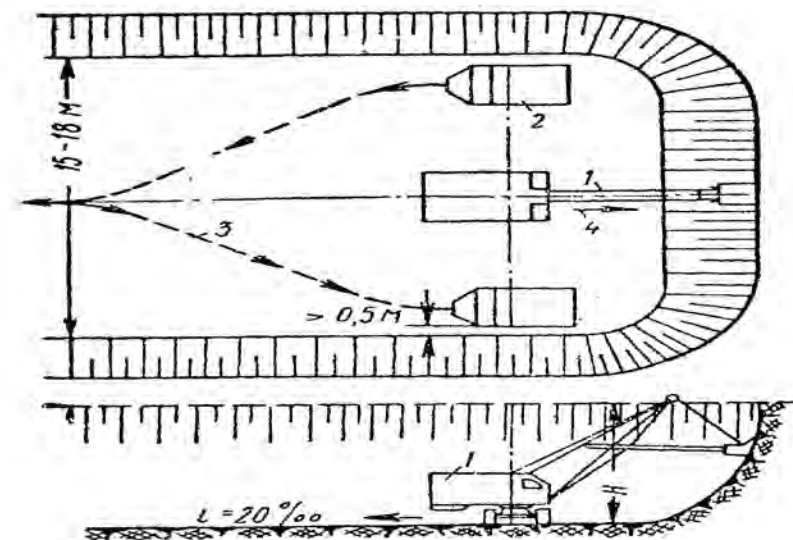


Рис. 3. Схема разработки лобового забоя

1 - экскаватор с прямой лопатой; 2 - автомобиль - самосвал; 3 - направления движения экскаватора; 4 - направления разработки забоя; H - оптимальная высота забоя

При его ширине до 10-14км автомобили-самосвалы и экскаваторы падают в забой задним ходом у подошвы одного из откосов. При ширине забоя до 15-18м экскаватор устанавливают по оси забоя, а автомобили-самосвалы падают под погрузку вдоль обоих откосов выемки (грунтового карьера). Между противовесом экскаватора и откосом требуется расстояние не менее 1м. Иногда при разработке используют боковой тип забоя, когда ось перемещения машины находится за пределами разрабатываемого массива. Тогда автомобили-самосвалы различают параллельно оси передвижения экскаватора. Для облегчения и ускорения поворота экскаватора с ковшом, наполненным грунтом, площадке подошвы забоя придают уклон 20‰ в сторону погрузки.

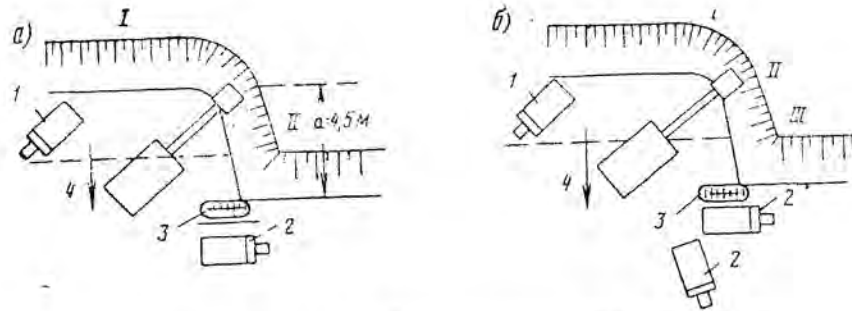


Рис. 4. Организация работы экскаватора в забое бокового типа

а) с двумя участками разработки; б) с тремя разработками;

1 - автомобили самосвалы подъезжающие задним ходом; 2 - автомобили - самосвалы подъезжающие передним ходом, параллельно движению экскаватора; 3 - вал отодвинутого грунта; 4 - уклон подошвы забоя; 5 - экскаватор; I, II, III - участки забоя; Ширину забоя a определяют расчетом.

Организация разработки выемки с прямой лопатой, продольными проходами экскаватора

Землевозные пути нужны с двух или одной стороны параллельно проходке экскаватора в одном или разных уровнях с подошвой забоя.

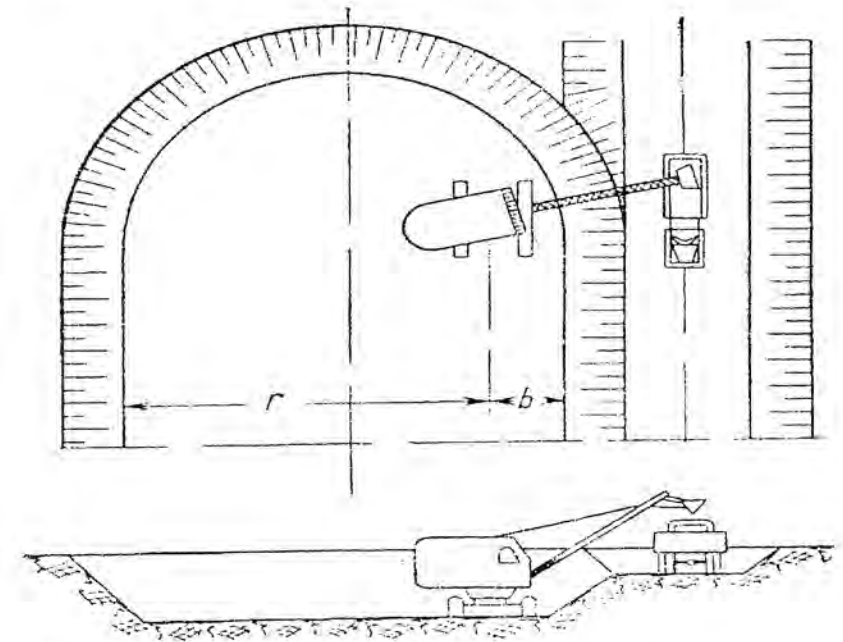


Рис. 5. Схема разработки выемки продольными проходками экскаватора.

оборудованного прямой лопатой.

Если достаточно уширен забой, то по мере разработки проходки экскаватор перемещается поперек забоя. При разработке выемок уширенным забоем обеспечиваются нужные условия работы транспортных средств.

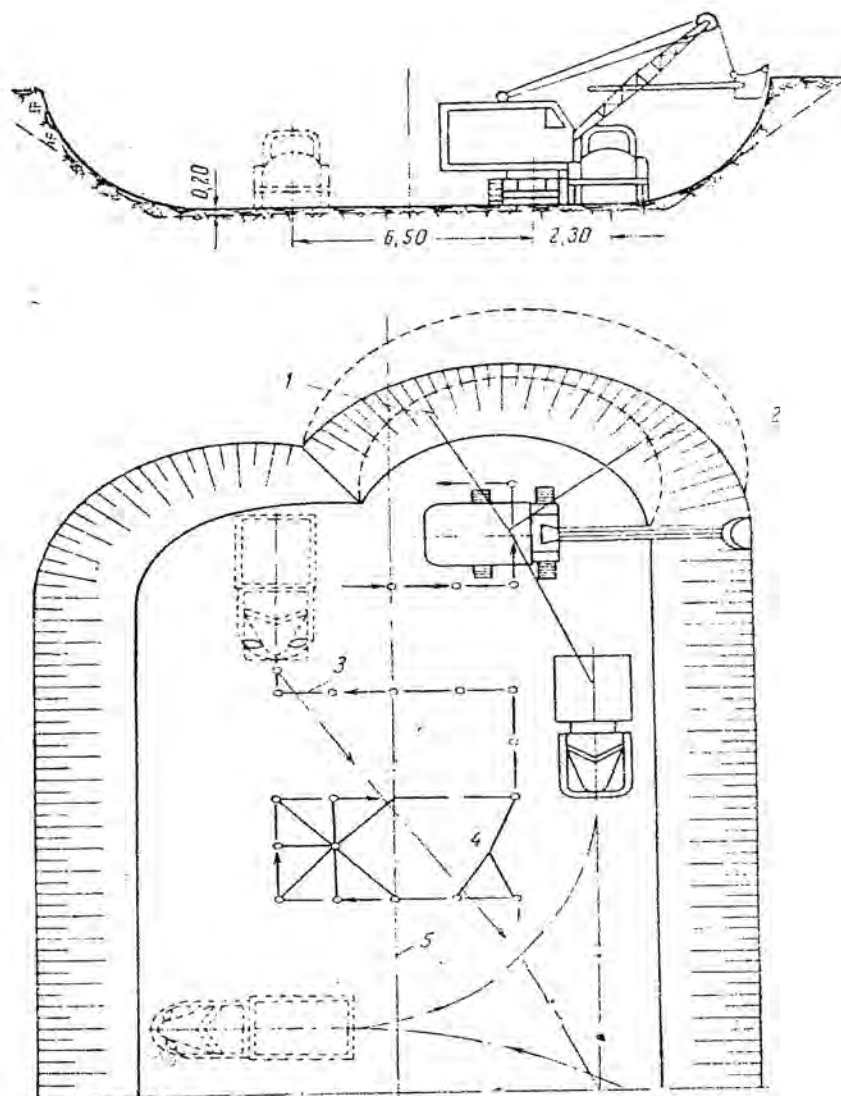


Рис. 6. Схема разработки выемки уширенным забоем при помощи экскаватора, оборудованного прямой лопатой с перемещением экскаватора по мере разработке забоя по ломаной прямой

1 – центр тяжести левой половины забоя; 2 – центр тяжести правой половины забоя; 3 – ось кола экскаватора; 4 – места стоянки экскаватора; 5 – ось дороги.

Грунт в выемках, разрабатываемых экскаватором, обычно не добирают на 0,2м (по отношению к проектной отметки).

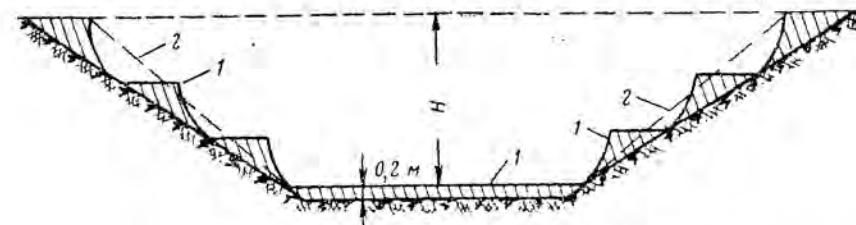


Рис. 7. Схема для определения недобора грунта в выемке

1 – недобранный грунт экскаватором; 2 – равновеликая площадь грунта для подсчета его недобора

Недобор грунта ориентировочно составляет 10 % общего объема выемок. В последующем грунт добирают драглайном с погрузкой в автомобили-самосвалы или грунтовые уступа на откосах выемки срезают бульдозером.

2. Перевозка грунта при работе экскаваторов.

Для перевозки грунта применяют автомобили-самосвалы. Вид транспорта выбирают в зависимости от емкости ковша экскаватора.

Емкость ковша экскаватора, м ³	2	1,25	0,5
Грузоподъемность автомобиля-	Более 10	6-10	4-5

Интервал подачи транспортных средств не должен превышать времени их погрузки.

В соответствии с этими требованиями потребное количество автомобилей-самосвалов

$$A = \frac{t}{m \cdot t_s}$$

Где t – продолжительность одного цикла (рейса) самосвала, мин.

m - количество ковшей грунта, нагруженного экскаваторами в один самосвал, (5-7)

t_c - продолжительность цикла работы экскаватора, мин.

3. Производительность разработки экскаватором и перевозке грунта, транспортными средствами

Производительность разработки экскаватором и перевозки грунта транспортными средствами зависит от продолжительности цикла, который складывается: набор грунта; поворота груженого ковша; опускание его для разгрузки; разгрузки; подъема ковша после разгрузки; поворота стрелы с порожним ковшом и опускания ковша для набора:

$$\Pi = \frac{3600 \cdot g \cdot K_K \cdot K_B \cdot K_H}{t_c \cdot K_p}$$

Где: K_K - коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста (для дорожного строительства 0,86)

K_H - коэффициент наполнения ковша, зависит от свойств и состояния грунтов, типа экскаватора (табл).

Производительность транспортного средства в течении одного цикла:

$$\Pi = \frac{60 \cdot g_{cy} \cdot k_b \cdot k_r}{\frac{2\ell}{V} + t_n}$$

Где: ℓ - дальность возки, км

V - скорость движения при наличии временных дорог

t_n - время погрузки и разгрузки транспортного средства (до

10мин)

g_{cy} - грузоподъемность автомобиля-самосвала

k_r - коэффициент использования грузоподъемности (0,95-1,05).

Лекция 4*

Технические особенности разработки грунта в выемки с продольным помещением его в насыпь.

Выемку разрабатывают скрепером по эллиптической схеме с перемещением грунта:

1. В смежную насыпь, расположенную по уклону ниже выемки;
2. В две смежные насыпи, находящиеся по обе стороны выемки;
3. В насыпь, расположенную между двумя соседними выемками'.

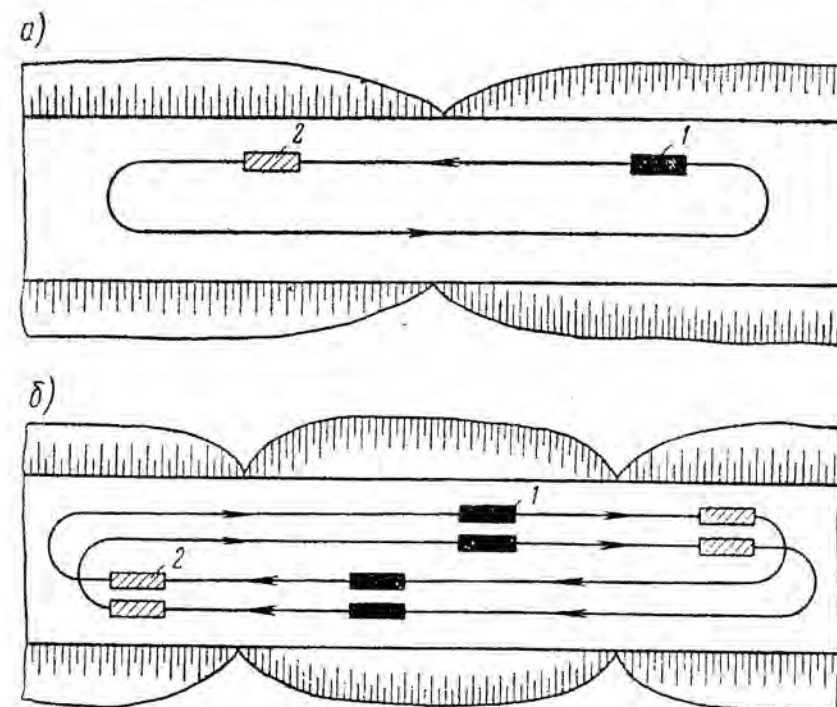


Рис. 1. Схема движения скрепера при разработке грунта в выемке с перемещением его в насыпь.

а — из выемки в насыпь; б — из выемки в две насыпи

1. — набор грунта; 2 — разгрузка грунта

В третьем случае набранный грунт в одной выемке разгружен на насыпи. Не останавливая скрепера, продолжают сквозное движение по эллипсу во вторую выемку и там набирают грунт. На обратном пути движения скрепера в первую выемку грунт разгружают на насыпи и снова повторяют те же технологические операции.

Независимо от схемы движения выемку разрабатывают шахматно-гребенчатым зарезанием.

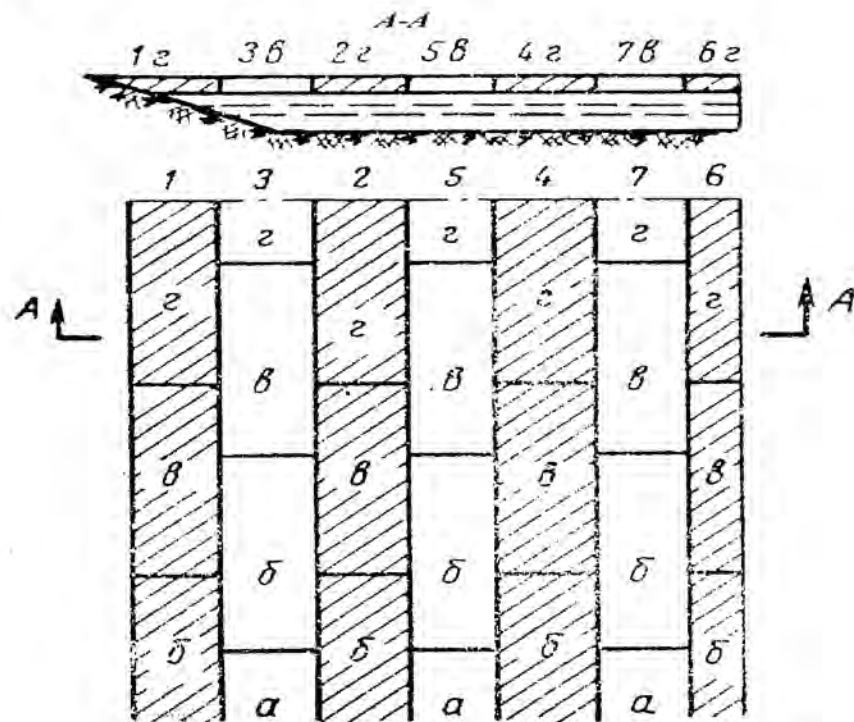


Рис. 2. Шахматно-гребенчатая схема зарезания при разработке грунта скрепером:

1 – 7 – последовательность разработки полос; а, б, в, г, – последовательность зарезания грунта каждой полосы.

Тяжело разрабатываемые грунты необходимо предварительно рыхлить до образования комьев размером 5-10см в поперечнике.

В сухую погоду при дальних вывозках свыше 0,5 -1,0км суглинистые и тяжелосуглинистые черноземы от движения скреперов превращаются в пыль, затрудняют условия работы машинистов, повышается износ трущихся частей скрепера

В такие сезонные года нужно 2-3 раза в течение суток поливать грунт водой; первый раз рекомендуется поливать за 2-3 часа до начала работы первой смены землеройного отряда

Если ширина насыпи не превышает 12-12,5м, то при перемещении грунта по эллиптической схеме нужно устраивать въезды и съезды вследствие невозможных развозок скрепера непосредственно на насыпи..

11. Возведение скрепером насыпи из боковых резервов.

Различают следующие схемы перемещения фунта: эллиптическая, восьмерка, змейка (зигзаг), спиральная, поперечно-диагональная, поперечно-челночная.

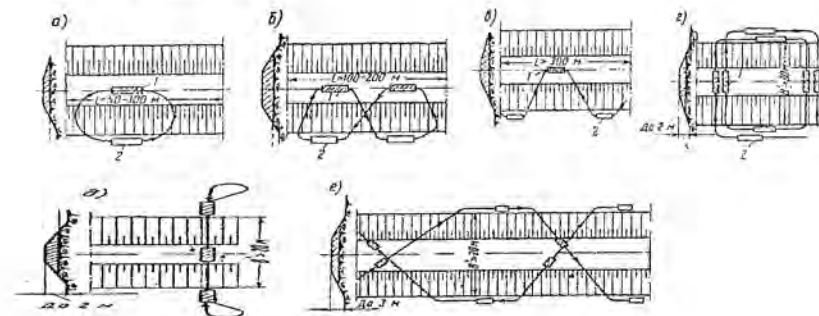


Рис. 3. Схемы движения скреперов:

а – эллиптические; б – восьмерка; в – змейкой; г – спиральная; д – поперечно – диагональная; е – поперечно – челночная

1 – разгрузка грунта; 2 – набор грунта.

Эллиптическая схема движения скрепера - применяют при разработке односторонних резервов длиной 50-100м. При длине 100-200м целесообразно проводить работы по схеме «восьмерка» на участках длиной более 300м используют схему «змейка». Схема «змейка» всегда целесообразна, если грунт не будет пересыхать.

Наличие двухсторонних резервов указывает на возможность применения последних трех схем движения: спиральной, поперечно-диагональной, поперечно-челночной.

Спиральная схема движения применяется при двух условиях:

- 1.Ширина насыпи соответствует длине пути разгрузки скрепера или больше ее;
- 2.Разность отметок насыпи и резервов не превышает 2,0м.

Схемы движения скреперов нужно выбирать и с учетом однородности почвенно-грунтовой толщи в карьере. Когда неоднородная толща, более целесообразно применение эллиптической и зигзагообразной схем движения, снижается неравномерность морозного пучения вдоль оси дорог.

При разработке боковых резервов производительность скреперов связана с правильным размещением въездов на насыпь и съездов с нее; а также их состоянием. Въезды шириной не менее 3,5м обычно располагают под углом к оси насыпи. Расстояние между въездами и съездами при насыпях высотой 2-5м назначают равными 50-100м. Въезды не устраивают, если разность отметок бровки насыпи к дна резервов менее 1м.

12. Возведение насыпи из грунта, разрабатываемого в грунтовом карьере.

Грунт в грунтовых карьерах разрабатывают чаще всего экскаваторами и реже самоходными скреперами, скорость которых не менее 15 км/час. К грунтовым карьерам требуется устройство подъездного пути для двух отдельных полос движения. Подъездной путь и поверхность возводимой насыпи необходимо поддерживать в хорошем проезжем состоянии, организуя патрульную службу а/трейдера.

Ширину разрабатываемой полосы в карьере принимают не менее 30-40м, что позволяет нарезать грунт по способу «в ряд», сокращаются и затраты времени на передвижение бульдозера-толкача. Грунт нарезают прямоугольной стружкой толщиной до 0,15м. Насыпь возводят по способу «от себя». Применение способа «в ряд» сопровождается уменьшением холостого хода бульдозера-толкача, а потом и времени рабочего цикла; скреперы нарезают грунт «навстречу» один другому. Но приходится поворачивать бульдозер на 180° для толкания следующего скрепера, движущегося в обратном направлении.

При такой организации погрузок ковш скрепера заполняется грунтом «с шапкой», повышается его производительность на 15%. Равномерную толщину отсыпаемого слоя фунта достигают разгрузкой ковша скрепера при высокой скорости его движения. Толщину равномерно отсыпаемого слоя «в ряд» регулируют с учетом наличия уплотняющих средств.

Первоначально ограничиваются легкой планировкой, а/трейдером поверхности насыпи, а затем уплотняют.

Лекция №5.

Отделка ЗП и укрепление откосов.

1. Общая характеристика работ.

В процессе строительства насыпи и выемки получают грубое очертание - откосы их неровные, бровки извилисты, в выемках остается недоработанный грунт. Для придания ЗП правильной (проектной) формы, отвечающей техническим и эстетическим требованиям, для обеспечения водоотвода и повышения устойчивости сооружения выполняются специальные отделочные и укрепительные работы.

К отделочным относятся: планировка поверхности насыпей, выемок, резервов.

К укрепительным: укрепление откосов насыпи и выемок, дна резервов и канав от размыва водой, разрушения ледоходом и выдувания ветром. Издан. «Альбом конструкций укрепления откосов, насыпей и выемок» (Минтрансстрой СССР, 1962г.) ВСН 82-62 «Технические указания по укреплению откосов сооружений и берегов водохранилищ железобетонными плитами».

2. Отделочные работы.

К отделочным работам относятся: планировка поверхности ЗП, зачистка выемок и резервов до проектных отметок. Эти работы выполняют сразу после возведения насыпи и разработки выемок специальным отрядом или специализированным звеном. Для планировочных работ используются: автогрейдеры, экскаваторы-драглайны с обычным или специальным оборудованием, применяются нестандартные приспособления в виде навесного оборудования к бульдозерам, тракторам, экскаваторам: откосники к бульдозерам и тракторам, пакеты рельсов, планировочные рамы к экскаваторам. Для доработки выемок и резервов применяют, бульдозеры, скреперы, экскаваторы-драглайны.

Выполнение отделочных работ с большим разрывом по времени от основных, нежелательно, т.к. в это время не обеспечивается водоотвод. Вода скапливается в отдельных местах резервов и выемок, переувлажняет грунт ЗП, образуются сплывы грунта и просадки, осложняются работы машин, приступающих к отделочным работам.

Отделочные работы, так же как и основные, желательно вести при влажности грунта, близкой к оптимальной, что позволяет использовать срезаемый грунт для засыпки понижений, хорошего его уплотнения и облегчает работу машин. При излишней влажности грунта необходимо сделать сначала хороший отвод воды, а затем подождать, пока грунт несколько подсохнет, при недостаточной влажности необходимо его увлажнять.

Работы по отделке ЗП начинаются с разбивки: на всех характерных точках поперечного и продольного профилей ЗП устанавливают колышки в соответствии с проектным профилем таким образом, чтобы обеспечить удобство работы машины.

Например: при срезке откоса выемки с помощью специального планировочного оборудования, установленного на экскаваторе, целесообразно при разбивке обозначить путь гусеницы экскаватора. Это обеспечивает хорошее качество работ и способствует производительной работе машины.

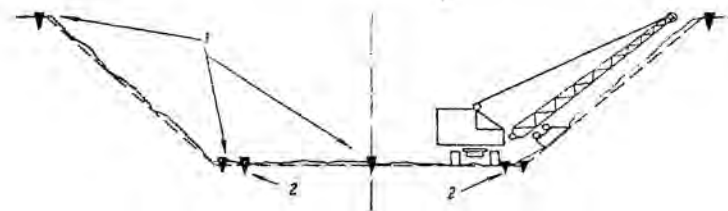


Рис. 1. Разбивка выемки для отделочных работ:

1 – Основные разбивочные знаки; 2 – дополнительные знаки

Планировка проводится, начиная с наиболее низких участков (в продольном профиле), обеспечения водоотвода в процессе производства работ. Эту работу наиболее целесообразно выполнять автогрейдером и только в случаях невозможности его использования применять другие машины. Автогрейдерами планируют откосы положе 1:3 при непосредственном движении по ним.

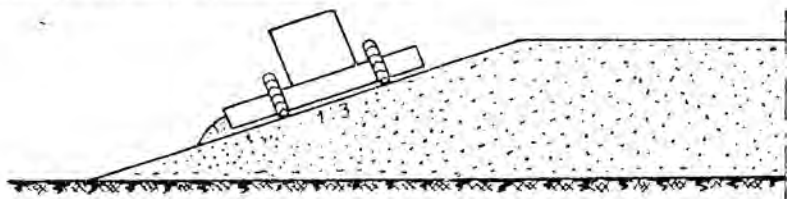


Рис. 2. Планировка пологих откосов автогрейдером.

Откосы крутизной более 1:3 планируются с помощью удлинителя ножа и путем выноса ножа автогрейдера в сторону. Автогрейдерами планируют откосы у насыпей (при крутизне их более 1:3) высотой до 3,5 м.

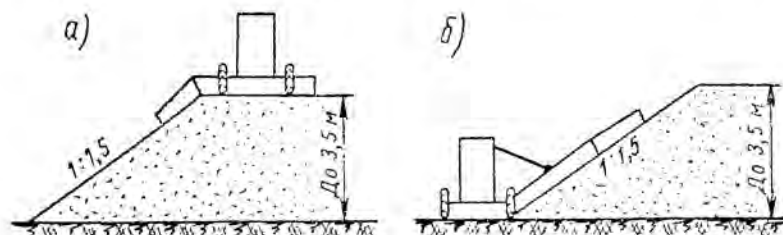


Рис. 3. Планировка крутых откосов автогрейдером с удлинением ножа:

а - планировка верхней части откоса; б - планировка нижней части откоса.

Верх насыпи или дна выемок планируют путем последовательных проходов автогрейдера, начиная от краев с постепенным приближением к оси дороги. При длинных захватках (500-600 м.) автогрейдер ведет работу по круговой схеме, при коротких - челночно. Нож автогрейдера устанавливается под углом захвата 50°-90°.

После планировки верха насыпи приступают к планировке откосов (в выемках дно планируется перед планировкой нижней части откосов). Планировка откосов ведется, начиная с верхней их части, лишний грунт перемещается вниз и разравнивается внизу или вывозится машинами.

Резервы планируются после отделки откосов. При разработке глубоких выемок скреперами или бульдозерами целесообразно по мере их углубления. Планировать откосы с помощью автогрейдеров.

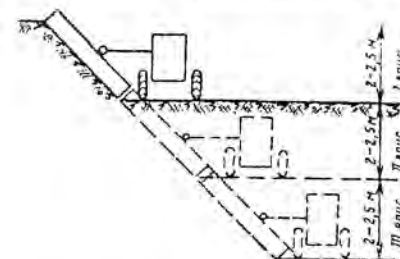


Рис. 4. Планировка откосов выемки автогрейдером по ярусам.

Планировка откосов экскаватором-драглайном производится при высоких насыпях или глубоких выемках, когда из-за большой ширины откосов крутизной более 1:3 нельзя применять автогрейдеры. Планировка может выполняться с помощью стандартного ковша с зубьями или другого специального сменного оборудования. Экскаватор, оборудованный ковшом, устанавливается у верхней части откоса и планирует его путем срезки грунта в необходимых местах (начиная с низа откоса) и выгрузки в кучи, которые вывозят транспортными средствами.

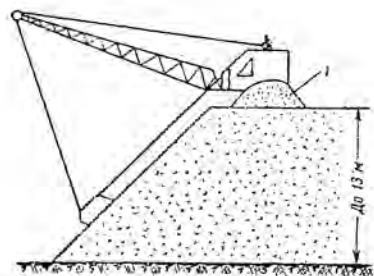


Рис. 5. Планировка откосов экскаватором – драглайном.

1-грунт, срезанный с откоса до 13м

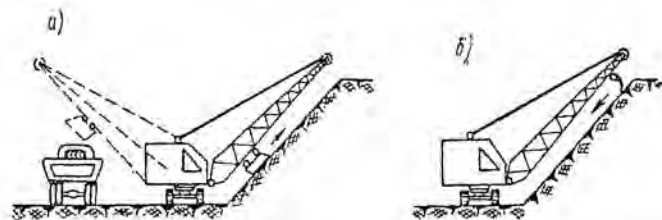


Рис. 6. Планировка откосов экскаватором со специальным оборудованием:

а – ковшом; б – скрепом

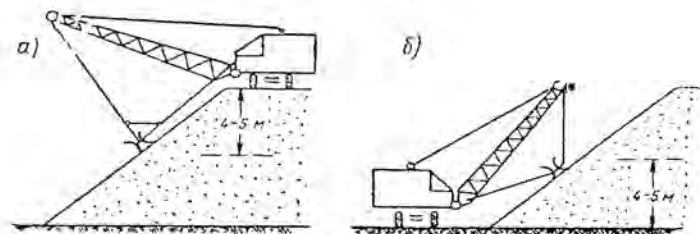


Рис. 7. Планировка откосов экскаватором, оборудованным скрепом.

Вместо ковша для планировки откосов можно применять двухотвальный скребок, состоящий из двух отвалов, соединенных между собой с внутренних сторон. Таким скребком ведется планировка откосов полосами шириной 4-5 м. Работу выполняют как при стоянке экскаватора у

подшвы откоса, так и при размещении его у верха откоса; скребок планирует поверхность «на себя» и «от себя». Производительность скребка 7000 м²/смену.

Наибольшая высота резания ковшом и стругом при рабочем ходе снизу вверх 8,5 м. (откос 1:1); 6,25 м. (откос 1:1,5); 5,8 м. (откос 1:1,75).

Для струга 7; 5,8; 5 м. производительность при погрузке в транспортные средства до 250 м²/смену; при работе в отвал до 660 м²/смену.

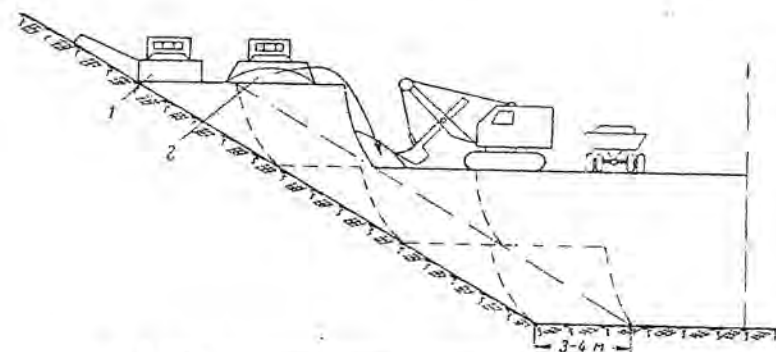


Рис. 8. Схема отделки выемки способом «скользящей полки».

1-бульдозер с откосником; 2-универсальный бульдозер.

При этом способе выемку разрабатывают экскаватором не на всю ширину, а оставляют у откосов полки шириной 3-4 м., которые затем послойно разрабатывают бульдозером и параллельно планируют откос выемки откосником. Срезанный грунт сбрасывается под откос и убирается экскаватором при разработке следующего яруса. Во время отделки одного из откосов экскаватор разрабатывает выемку с другой стороны. Объем работ, выполняемых бульдозером, не превышает 10-12% общего объема выемки.

Планировщиком на кране К-102 дорабатывают и отделывают откосы крутизной 1:1,5 при разнице отметок до 9,5 м. и крутизной 1:1 при разнице отметок до 11,5 м.. Грунт срезается к низу откоса, после чего убирается

другими машинами. Производительность такого планировщика 3200 м²/смену.

Планировщик на тракторе позволяет отделять откосы крутизной 1:1,5 при разнице отметок до 4,5 м. и крутизне 1:1 при разнице отметок до 5,5 м. Производительность планировщика до 3000 м²/смену.

3. Укрепительные работы.

- Конструкции укрепления откосов делят на три группы:

а - постоянные, осуществляемые индустриальными и механизированными способами;

б - постоянные, осуществляемые с частичной механизацией (применяются при небольших площадях укрепления);

в - временные, осуществляемые с частичной механизацией (применяются для укрепления небольших площадей на непродолжительное время, например для защиты откосов новой насыпи на период весеннего паводка).

К группе а относятся: железобетонные и бетонные сборные или монолитные плиты, каменная наброска, щебеночные или гравийные покрытия, грунтовые, обработанные органическими вяжущими материалами, механизированный посев трав и дерновка;

К группе б - мощение камнем, укрепление хворостом, дерновка, посадка деревьев и кустарника;

К группе в - хворост, прямостебельные травенистые материалы, деревянные волногасители.

Конструкции типов Б и В используются редко.

Работы по укреплению откосов выполняются после устройства дорожной одежды - через год со времени возведения земляного полотна.

Укрепление железобетонными плитами

Укрепление с омоноличиванием, предназначено для защиты откосов постоянно или периодически подтопляемых насыпей и береговых откосов, подверженных действию ветровых волн высотой до 3 м.

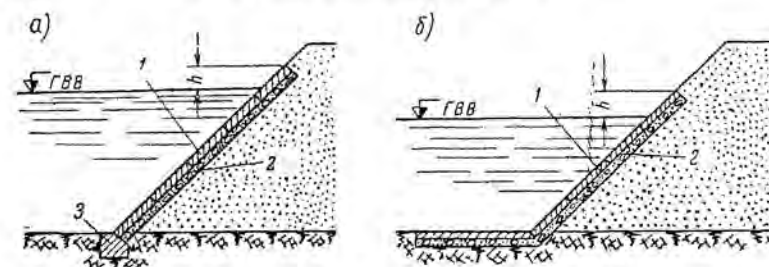


Рис. 9 Конструкция укрепления откосов насыпей бетонными плитами (h зависит от высоты волн):

а - при надежном основании и подошвы насыпи; б - при необходимости защиты дна водотока от размыва

1 - бетонное или железобетонное покрытие; 2 - щебень или гравий; 3 - бетонный или каменный упор

Применяются плиты размером от 2,5*1,25 до 2,0*3,0 толщиной 10, 15, 20 см.; обычный ж/б марки 200, предварительно напряженный - 300, бетон гидротехнический (ГОСТ 4795 - 59).

Плиты укладывают на откосе краном параллельно урезу воды (с перевязкой швов), на обратный фильтр из щебня или гравия. Размеры плит в перпендикулярном направлении устанавливаются в зависимости от величины откосов. При излишней ширине плит они заглубляются в упорную призму.

После укладки плиты омоноличиваются в карты размером 40×20 м. (при высоте волн до 1,5 м.) или размером 40×15 м. (при высоте волн более 1,5 м.). Под швами параллельными урезу воды, укладывают подкладки - железобетонные доски шириной 0,3 м. Длинной 2,5 м. и толщиной 0,1 м.

При омоноличивании сваривают выпуски арматуры или специальные планки соседних плит и заполняют швы цементным раствором состава 1:3 с уплотнением, штыкованием и поверхностным вибрированием. Карты из омоноличенных плит разделяются между собой температурно-осадочными швами, под которыми устраиваются ленточные фильтры.

- Укрепление без омоноличивания применяется в аналогичных условиях, что и предыдущее, и рассчитано на защиту откосов при ветровых волнах высотой до 1,5м. Плиты между собой связываются металлическими хомутами (по одному на каждую сторону плиты), создающими шарнирное соединение. В швах между плитами кладут антисептированные доски толщиной 2см.

Монолитное железобетонное укрепление откосов наиболее прочное, применяется в суровых условиях при высоте волн до 3,5м. Для предупреждения образования трещин при бетонировании устраиваются температурно-осадочные швы, в результате чего покрытие оказывается состоящим из больших плит размером от 5×5 до 10×10 м. при толщине 0,15м. и более. Бетон применяется гидротехнический.

Бетонирование производится по подготовленному основанию из щебня или гравия толщиной 15см. В местах швов предварительно укладываются ж/б доски шириной 30см. и толщиной от 7 до 15см.. Доски могут быть заменены трехслойными ленточными фильтрами. Между собой плиты соединяются стержнями арматуры.

В швы закладываются антисептированные доски толщиной 2см. Через 30 – 40м. устраивают швы без соединения плит арматурными стержнями.

Укрепление сборными бетонными плитами применяется при высоте волн до 0,7м., скорости течения воды до 4м/сек и слабом ледоходе. При откосах 1:1,5 размеры плит принимают 0,5×0,5×0,8(0,12)м; при откосах

1:2 – 1×1×0,16(0,2)м. Плиты укладываются на слой щебня или гравия. Плиты подаются на откос кранами с автомобилями или из штабелей, которые были заранее уложены у подошвы откоса. Бетонирование и укладка плит начинаются с нижней части откоса с последующим наращиванием покрытия вверх по откосу.

При устройстве покрытия из монолитного бетона после уплотнения и выравнивания поверхности необходимо проводить уход за бетоном, покрывают водонепроницаемыми пленками или проводят регулярное поверхностное увлажнение для твердения до прочностных значений поверхности.

Укрепление каменной наброской производится для защиты откосов от размыва подмыва текущей воды и разрушающего действия волн. Пригоден не выветрелый камень, изверженных, осадочных пород. Наброска устраивается из нескольких слоев (не менее 2), при этом более крупный камень должен быть сверху. Каменная наброска долговечна и надежна, нечувствительна к просадкам, ремонт ее не сложен, можно укреплять откосы путем наброски камня непосредственно на затопленный водой откос.

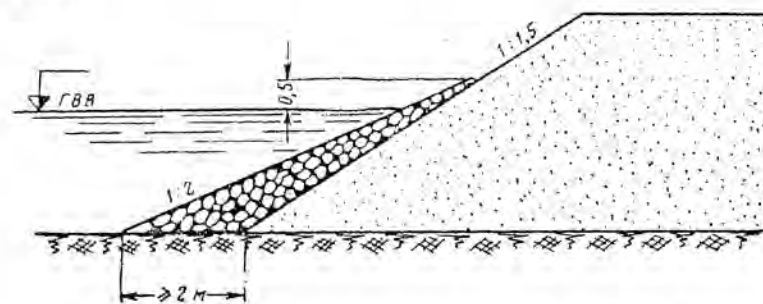


Рис. 10. Конструкция укрепления откосов насыпей каменной наброской.

Укрепление песчаных откосов щебнем, гравием, глиной - защита от выдувания.

Материал защитного слоя укладывается равномерно по откосу слоем 0,1 – 0,15м. Применение щебня и гравия предпочтительнее, т.к. получается более надежное укрепление с полной механизацией работ. Используются местные связные грунты. При использовании глины производство работ сложнее, т.к. для предупреждения растрескивания покрытий в глину необходимо предварительно добавлять песок и хорошо перемешивать смесь.

Связные грунты укладываются по откосу во влажном состоянии (при оптимальной влажности) и затем тщательно уплотняются.

Укрепление одерновкой - осуществляется с целью защиты откосов от дождевых и талых вод и ветра; допускается кратковременное подтапливание водой и небольшие скорости течения. Существует много разновидностей одерновки - укладка дерна плашмя на поверхности всего откоса (сплошная одерновка откоса); укладка дерна в виде лент (полос) одной полосы или двух вдоль бровки насыпи, в виде сетки по откосу с образованием квадратов (1×1 м. или 1,5×1,5м.), которые заполняются растительным грунтом и засеваются травами; в виде дерновых стенок, когда дерн укладывается плашмя (одну дернину на другую), образуя стенку, подобную кирпичной кладке, которая лежит на откосе. Дерн на откосе закрепляют деревянными колышками (спицами), которыми прибивается каждая дернина к откосу. Дерн для откосов желательно брать с возвышенных мест, т.к. там сформирован травяной покров из засухоустойчивых трав. Одерновку желательно выполнять весной. При заготовке дерна не надо стремиться получать толстый дерн, так как лучше приживаются тонкие дернины (5-6 см.).

Укрепление посевом трав - защищает откосы от дождевых и талых вод, ветра и температурных воздействий; применяется при откосах не

круче 1:1,5 не подтапливаемых. Для получения прочного дернового покрова подбирают смеси из семян многолетних трав. Высев семян возможен в любое время весенне-летнего сезона (при засушливом периоде требуется поливка). Семена трав высеваются на подготовленную поверхность откосов; если грунт откосов содержит гумус в количестве более 1,5%, то подготовка заключается только в планировке (если она необходима), если же гумуса меньше этой нормы, то необходимо создание специального покрова на откосе из богатого гумусом растительного грунта слоем 5–10см. – планировка откосов. Перед посевом трав грунт разрыхляется (при пологих откосах вспахиванием, при крутых – перекапыванием специальными машинами). Одновременно с распределением семян трав вводят в грунт удобрение. Семена трав плохо всходят в рыхлых грунтах, поэтому после посева семян и заделки их в грунт боронованием откосы слегка уплотняют.

Укрепление органическими вяжущими материалами применяется для защиты песчаных насыпей от разрушения ветром. Разливают по откосу вяжущие в жидком состоянии, которые впитывают в грунт, загустевая, создают прочный коврик. В качестве вяжущих материалов используют: жидкие битумы, эмульсии, нефть.

Лекция 6

Тема: Возведение насыпей, разработка выемок и грунтовых карьеров из скальных грунтов.

1. Рыхление грунтов

Плотные связные грунты с влажностью меньше оптимальной, 3-4 групп, для повышения производительности землеройных машин предварительно разрыхляют. В зависимости от плотности, влажности и требуемой глубины разрыхления грунтов принимают различные рыхлители.

В глинистых и щебенистых грунтах глубина рыхления составляет 0,15 – 0,2м, применяют бульдозеры, оборудованные зубьями, которые приварены к нижней кромке ножа. В более мягких грунтах (глубина рыхления 0,2 – 0,25м) применяют бульдозеры с обратными рыхлительными зубьями. При обратном движении бульдозера такие зубья заглубляются и грунт разрыхляется.

Наибольшая глубина разрыхления достигается при использовании навесных рыхлителей. Тяжелыми рыхлителями на тракторах мощностью 100 – 140л.с. суглинистые грунты разрыхляют до глубины 0,4 – 0,5м. Ширина рыхления 2,2м. Эти рыхлители используют при плотных, глинистых, щебенистых, гравелистых грунтах (глубина рыхления таких грунтов составляет 0,2 – 0,25м), количество стоек зубьев уменьшают с 5 до 3, чтобы не заглох двигатель.

Очень плотные щебеночные, каменные и мерзлые грунты разрыхляют навесными рыхлителями, смонтированными на тракторах мощностью 660кВт (900л.с.), глубина рыхления 0,35 – 0,4м.

Чем плотнее грунт и больше содержит включений щебня или гравия, тем целесообразнее применять мощные навесные рыхлители или уменьшать глубину рыхления.

Длина захватки рыхления бульдозером определяется естественной влажностью и скоростью укладки грунтов в тело насыпи, а также погодными условиями местности в период производства работ.

Объем разрыхленного грунта не должен превышать сменной производительности звена скреперов или бульдозеров во избежание пересыхания грунта в сухое летнее время или переувлажнение в дождливую погоду.

После рыхления каждого слоя грунт не позднее следующей смены последовательно убирают землеройными машинами.

Подзолистые грунты (в верхней части рыхлые), лессы или лессовидные суглинки и структурные черноземы обязательно требуется разрыхлять, как можно глубже на полосе равной ширине подошвы насыпей, высота которых менее 1,5м и в выемке. После уплотнения предварительно разрыхленного грунта, снижается водопроницаемость, скорость передвижения влаги и морозные пучения.

Технология рыхления состоит из одной операции - процесс рыхления. Разрабатывая боковые резервы, первый проход рыхлителя делают по полосе ближайшей к подошве насыпи. Последующие проходы постепенно удаляют к границе дорожной полосы.

Производительность рыхлителя:

$$П = V \times v \times z / n \times 1000,$$

где V – скорость движения, км/ч;

v – ширина слоя, м;

z – глубина рыхления, м;

n – число проходов по одному следу.

2. Способы отсыпки насыпи

Процесс возведения насыпей состоит из последовательной укладки грунта. Доставленный на место строительства насыпи грунт укладывают в определенной порядке в зависимости от рельефа местности, конструкции земляного полотна. Укладку грунта ведут таким образом, чтобы образовался ровный слой определенной толщины, который легко можно уплотнить. *Последовательно* укладывая слои грунта один на другой, доводят насыпь до нужной высоты (проектной отметки). Такой способ устройства насыпи называют *способом послойной отсыпки*.

Основным достоинством этого способа является возможность получать насыпи с требуемой плотностью грунта в любой ее части. Послойная укладка грунта позволяет вести отсыпку насыпей из *разных грунтов*. При послойном способе отсыпки насыпи *основные работы* ведут на двух участках одинаковой длины - *на одном* создают слой грунта, *на втором* - уплотняют его. Затем эти операции меняются местами и так происходит до полной отсыпки насыпи. *Длину участков работы* принимают такой, чтобы в течении смены закончить полностью насыпь.

Когда возведение земляного полотна необходимо на участках пересечения *болота или оврага* с крутыми склонами, произвести послойную укладку грунта невозможно. В таких случаях применяют *способ отсыпки насыпи с головы*.

При этом способе с самого начала насыпь отсыпают до проектной отметки, а наращивание ее происходит непрерывно в торце до тех пор, пока она не пересечет весь участок болота или оврага. Основным недостатком этого способа является невозможность уплотнения грунта всей насыпи. Уплотнение происходит в результате постепенной осадки насыпи под действием массы грунта. Для того, чтобы уменьшить недостатки этого способа, применяют комбинированный способ отсыпки насыпи.

Сочетание отсыпки с головы и послойной.

Например: при содержании насыпи на болоте можно нижнюю ее часть от минерального дна до поверхности болота вести по способу с головы, а верхнюю - отсыпать послойно.

3. Строительство насыпей из грунта боковых резервов бульдозерами

Боковые резервы используют в тех районах; где дорога проходит по неплодородным землям, при строительстве дорог низших категорий и при обязательном восстановлении (рекультивации) земель, временно занимавшихся резервами.

В качестве основной (ведущей) машины используют бульдозеры при возведении насыпи до 1 – 1,5м из грунта боковых резервов.

Бульдозеры по мощности и тяговому усилию делятся на группы:

- сверхтяжелые - мощностью > 250л.с.; тяговому усилию до 25тс
- тяжелые - мощностью 141 – 250л.с.; тяговому усилию до 15тс
- средние - мощностью 81 – 140лс; тяговому усилию до 10тс
- легкие - мощностью 21 – 80лс; тяговому усилию до 5тс
- малогабаритные - мощностью до 20лс; тяговому усилию до 2,5тс

По *ходовой части* бульдозеры делятся: гусеничные и колесные.

По *способу управления отвалом* - с механическим и гидравлическим приводом.

По *способу установки отвала* - с неповоротным и поворотным (универсальным) отвалом.

Поворотный отвал может быть установлен под углом 90° и 60° к продольной оси трактора в обе стороны.

У универсальных бульдозеров отвал можно устанавливать в наклонном положении до 5° к горизонтальной плоскости. Универсальные бульдозеры перемещают грунт не только вперед, но и в стороны.

Для расширения области применения бульдозеров и повышение эффективности их работы отвалы бульдозеров оснащают открьлками, козырьками, рыхлительными зубьями, откосниками.

Рабочий цикл бульдозера при возведении земляного полотна состоит:

- зарезание грунта;
- его перемещение;
- обратный холостой ход бульдозера в резерв (забой).

Разработку грунта бульдозеров начинают с зарезания и набора грунта

Различают три схемы зарезания: прямоугольная, клиновья, гребенчатая.

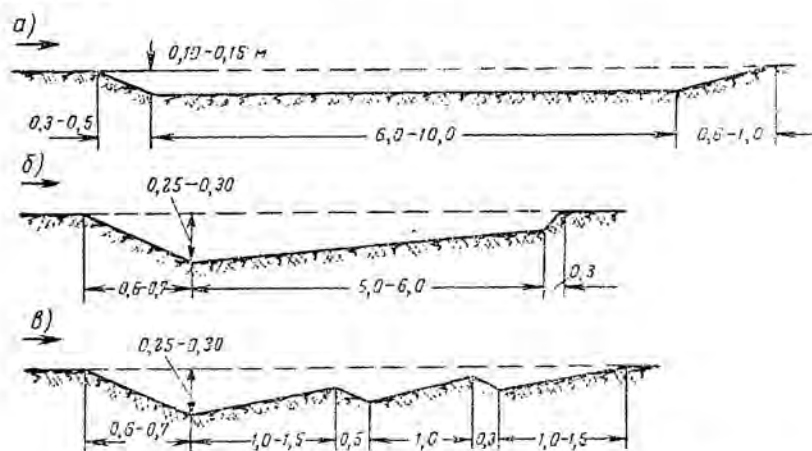


Рис. 1. Схема зарезания грунта бульдозером:

а – прямоугольная; б – клиновья; в – гребенчатая (стрелкой показано направление движения бульдозера).

Прямоугольную схему используют для легких грунтов, грунт разрабатывают при постоянной глубине, зарезание стружки при этом получается ленточной.

Клиновидную схему используют на средних грунтах. Зарезание начинают при тах заглублении отвала, уменьшая это заглубление по

образования перед отвалом достаточного количества грунта. Стружка зарезания при этом получает форму клина.

Гребенчатую схему используют при разработке тяжелого грунта (пересушенного). Процесс зарезания состоит из заглубления отвала в грунт до глубины $0,25 - 0,3$ м в зависимости от состояния грунта. Когда число оборотов двигателя начинает снижаться, отвал поднимают на высоту, равную 80% глубины его погружения. В дальнейшем эту операцию дважды повторяют, уменьшая каждый раз участок зарезания до полного набора грунта.

На операцию по зарезанию и набору грунта затрачивается в среднем 12 – 18с.

Перемещение грунта к месту укладки начинается сразу же по окончании набора его перед отвалом. При перемещении грунт осыпается по краям отвала, что вызывает потери. Для уменьшения потерь при перемещении грунта применяют два способа:

по траншее в грунте естественного состояния;

по траншее, образованной из валов грунта, осыпавшегося во время предыдущих проходах бульдозера.

Для получения траншей зарезания в грунте выполняют бульдозером по одному и тому же следу несколько раз. Объем грунта, перемещаемого по траншее за один проход бульдозера, увеличивается в среднем на 20 %.

Когда траншеею в грунте получить невозможно (сыпучие, песчаные или сухие несвязные грунты) грунт перемещают по одному и тому же следу несколько раз, в результате чего из осыпавшегося по краям отвала грунта образуются валы, между которыми получается траншея. Высота валов при этом достигает 40 – 60см, что в дальнейшем исключает потерн грунта во время перемещения его в пределах траншей.

Чтобы обеспечить постоянный объем грунта перед отвалом при перемещении грунта без траншеи, целесообразно некоторое заглубление отвала примерно на 1,0 – 1,5м.

Для уменьшения потерн грунта отвал бульдозера оборудуют откылками, которые увеличивают объем грунта, перемещаемого перед отвалами за один цикл, а это в 1,5 раза повышает производительность бульдозера. Применение козырьков исключает возможность пересыпания грунта через верх отвала.

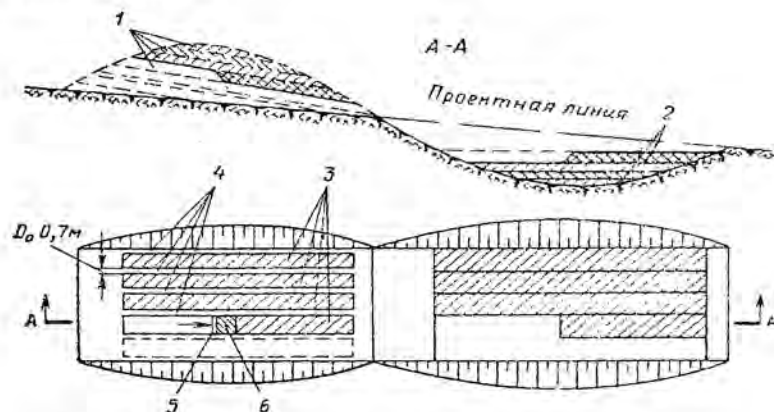


Рис. 2. Схема траншейной разработки бокового резерва бульдозером:

1 – ярусы; 2 – слой отсыпaeмой насыпи; 3 – траншея ярусы; 4 – стенки; 5 – отвал бульдозера; 6 – грунт, перемещаемый по траншее.

Укладку перемещаемого грунта можно выполнять

а) укладка «от себя»

При укладке грунта отвал бульдозера во время движения поднимают на высоту 15 – 20см и грунт распределяется ровным слоем соответствующей толщины. Этот способ называется укладкой «от себя».

б) Укладка «на себя»

Машинист, доставив грунт к месту укладки и не останавливая бульдозер, быстро поднимает отвал и на 1,0-1,5м продвигается вперед с

поднятым отвалом, после этого останавливает машину, опускает отвал на грунт, включает заднюю скорость и двигаясь задним ходом, тыльной стороной отвала разравнивает доставленный грунт.

При распределении грунта более толстыми слоями, доставленный грунт оставляют в виде отдельных куч, расположенных на определенном расстоянии друг от друга, а затем поднятым на нужную высоту отвалом бульдозера производят распределение грунта слоем требуемой толщины.

в) (Укладка грунта отдельными кучами)

г) (Укладка грунта вполуприжим)

д) (Укладка грунта в прижим)

При укладке грунта «отдельными кучами» высота их равна 0,6-0,7 м, а расстояние между ними такое, что подошвы их откосов касаются друг друга. После разравнивания получается слой толщиной 0,25-0,3м.

При укладке грунта «вполуприжим» высота куч 0,7-0,9м, после их разравнивания получается слой толщиной 0,4-0,6м.

При укладке грунта «вприжим» высота составляет 1,0-1,2м, после их разравнивания получается слой 0,6-0,8м.

Эксплуатационную выработку бульдозеров определяют:

$$П = \frac{1}{2} a \cdot b \cdot h \cdot n \cdot k_H \cdot k_n \cdot \frac{1}{k_p} \cdot k_B$$

где a, b, h – геометрические размеры призмы волочения грунта перед отвалом, м (определяют обмером в натуре);

$$n = 3600 / t_n$$

t_n – время, затрачиваемое на один полный цикл, с;

n – число циклов за час работы;

k_H – коэффициент наполнения отвала, принимают для отвала без откылков-0,9

для отвала с открылками - 1,2

k_n - коэффициент потерь грунта при транспортировке его к месту укладки, 1-1,05

k_p - коэффициент рыхления грунта 1,05-1,35

k_v - коэффициент использования рабочего времени; 0,85-0,9.

4. Возведение насыпи двухсторонних резервов

Резервы разрабатывают тремя способами:

1) *Прямоугольный способ* зарезания стружки, когда легкий грунт снимают равномерно на полной ширине резерва из расчета окончания процесса, его набора до заложения откоса насыпи;

2) *Гребенчатый или клиновой способ* зарезания по траншейно-полосной схеме;

3) *Продольно-круговой*.

При первом способе бульдозер движется по только что пройденному следу на 2-3 передачах. Следующие зарезания делают рядом, с учетом захвата валика грунта, рассыпавшегося во время предыдущего прохода. Так ряд за рядом срезают первый слой на полную ширину резерва. На обратном пути срезают и перемещают следующий слой. Неоднократно повторяя операции по длине захватки, достигают проектной глубины резерва. Данный способ применим при связных непересушенных структурных грунтах.

Второй способ используют при легких и сыпучих грунтах, перемещаемых на расстояние 50 – 60м.

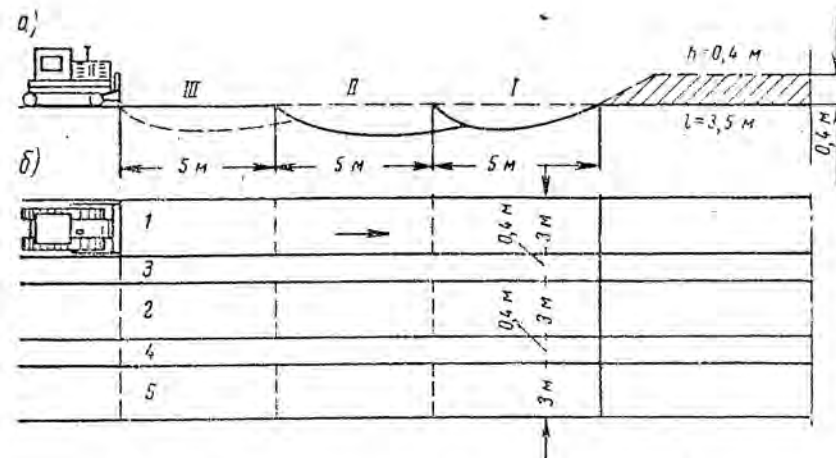


Рис. 3. Возведение насыпи из боковых резервов по способу новатора
а – последовательность зарезания (I, II, III); б – план разработки резерва по траншейно-полосной схеме;
1, 2, 5 – траншеи; 3, 4 – стенки траншей; 1-5 – очередность разработки грунта в траншеях и стенках;

Из боковых резервах шириной не более 30 и грунт в насыпи перемещают укрупненными порциями (см. рис.) Первое зарезание начинают в 4-6м от внутренней кромки резерва и оставляют грунт в промежуточном вале. Затем задним ходом отводят бульдозер еще на 4-6м от начала первого зарезания, снова зарезают грунт и подают его в насыпь вместе с промежуточным валом первого зарезания. В зависимости от свойств грунта и степени заполнения отвала до его укладки в насыпь предшествуют не менее 2-3 зарезаний.

После разработки первой траншеи на глубину, обеспечивающую устройства слоя насыпи толщиной, предусмотренной проектом, бульдозер переходит на вторую соседнюю полосу - траншею, стоящую от первой на расстояние не менее 0,4м, затем на третью и т.д. Мах глубина траншеи не должна превышать проектной глубины боковых резервов. Отсыпав слой грунта на половину ширины земляного полотна из одного резерва,

бульдозер переходит в противоположный, и досыпает насыпь до заданной высоты. Из расчета работающего бульдозера длину захватки ориентировочно принимают равной 100м с укладкой грунта толщиной каждого слоя на 0,35-0,4м. Оставшейся между траншеями грунт используют для присыпных обочин или перемещают в насыпь для отсыпки верхнего ее слоя.

- Третий способ - продольно-круговой - возможен при наличии универсального бульдозера (с поворотным отвалом), движущегося по продольно-круговой схеме.

Схема возведения насыпи из боковых резервов при продольно-круговой схеме проходов бульдозера.

Грунт нарезают от внутренней кромки резерва. Отвал бульдозера устанавливают под углом 55-60° к оси полотна. Длину захватки принимают не менее 200-250м.

Способ укладки грунта по ширине насыпи выбирают с учетом однородности грунтов в резерве. Используют три способа укладки:

1-ый - грунт из каждого бокового резерва укладывают в насыпь на полную ее ширину;

2-ой - грунт из резерва укладывают до оси полотна;

3-ий - грунт отсыпают слоями с их перекрытием в разбежку.

При предельно-круговом способе из одного резерва отсыпают первый слой на 2/3 ширины насыпи и из противоположного - на 1/3 ее ширины. Затем из этого же резерва отсыпают второй слой на 2/3 ширины насыпи; из первого резерва на 1/3 ее ширины. Таким же образом, повторяя аналогичные технологические операции, отсыпают третий, четвертый и последующие слои, пока высота насыпи не достигнет проектной отметки.

5. Технология и организация при возведении насыпи из боковых резервов

Резервы размещают с двух сторон и если местные условия не позволяют это сделать, то ограничиваются резервом с одной стороны. Размеры резервов устанавливают в зависимости от высоты и ширины насыпи. Глубину резерва назначают по условиям водоотвода (но не более 1м). В пределах одного резерва глубина и ширина его постоянны. Если по грунтовым или другим условиям нельзя заложить боковые резервы непосредственно рядом с возводимой насыпью, то грунт для нее добывают в ближайших резервах. В таком случае грунт из резерва вначале на подготовленное для насыпи основание в виде временного (промежуточного) вала. Затем из этого вала грунт перемещают вдоль назначенное место. Так возводят насыпь на подходах к трубам, малым мостам и в пониженных местах.

При возведении насыпи из боковых резервов технология работ состоит:

- подготовка основания (удаление растительного грунта бульдозером);
- уплотнение естественного основания насыпи катками или другими машинами, применяемыми для уплотнения грунтов;
- разработка грунта в резерве, перемещение в насыпь и распределение слоев бульдозерами;
- разравнивание грунта и планировка поверхности каждого слоя бульдозерами;
- уплотнение каждого слоя катками;
- планировка поверхности земляного полотна и резервов автогрейдерами;
- рекультивация резервов и распределение грунта на откосы и обочины бульдозерами;

1. Подготовка основания насыпи и площадки занимаемыми резервами. Обычно растительный слой грунта не удаляют заблаговременно при работах по подготовке дорожной полосы и непосредственно при возведении насыпи. Первой технологической операцией - срезка растительного грунта бульдозерами. Толщину слоя грунта устанавливают по согласованию с землепользователями. Способы выполнения работ см. выше.

2. Если плотность грунта естественного основания недостаточна, то производят его уплотнение. Плотность грунта в естественном основании насыпи должна быть такой же, как в верхней части земляного полотна.

3. Разработка грунта в резерве см. выше.

4. Разравнивание грунта и планировку поверхности слоев производят бульдозерами или автогрейдерами. Послойное разравнивание грунта выполняют методами (см. выше), планировку поверхности выполняют после отсыпки каждого слоя на всю ширину земляного полотна на длине захватки. Поверхности верхнего слоя насыпи придают поперечный уклон 20-40‰ от оси к бровкам земляного полотна. Поверхности других слоев планируют с такими же уклонами, только при длительных перерывах в работе для обеспечения стока дождевой воды, а в остальных случаях - поверхность делают горизонтальной.

Перед началом работы машинист останавливает автогрейдер в начале захватки, устанавливает отвал в рабочее положение и планирует осыпанный слой последовательными проходами *от краев к середине* с перекрытием каждого предыдущего прохода примерно на 0,6м. В конце каждого рабочего прохода машинист на ходу поднимает отвал и совершает поворот без съезда с насыпи. При первом проходе колеса автогрейдера должны находиться не ближе 1м от бровки. Во время работы *угол резания*, $\alpha = 40-45^\circ$.

При окончательной планировке поверхности земляного полотна $\alpha = 40-45^\circ$; $\beta = 60-75^\circ$, угол наклона должен соответствовать поперечному уклону планируемого элемента земляного полотна

Сначала выполняют планировку верхней поверхности земляного полотна, затем откосов и резервов.

Организация работ состоит в обеспечении места для ведения работ, установления последовательности выполнения технологических операций и расстановки машин для производительной работы.

При возведении насыпи работы ведут обычно на *четырёх участках* строящейся дороги, которые называют *захватками*.

1 *захватка* - подготовка основания для насыпи, удаление растительного слоя и уплотнение основания;

2 *захватка* - разработка, перемещение и укладка грунта слоем необходимой толщины;

3 *захватка* - уплотнение подготовленного слоя грунта;

4 *захватка* - планировка поверхности насыпи и резервов, рекультивация резервов и планировка откосов.

6. Возведение насыпей из боковых резервов автогрейдерами

Автогрейдеры предназначены для работ по разравниванию и профилированию грунта, песка, щебня и гравия, при снегоочистке дорог. *Возведение насыпей* из грунта боковых резервов возможно при их небольшой высоты, до 0,8м.

Автогрейдеры делят: на легкие (мощность двигателя до 60лс.), средние (60-100лс.), тяжелые (более 100лс.).

По типу управления автогрейдеры бывают: с механической и гидравлической системой управления.

Технологический процесс выполнения работ автогрейдером состоит: *зарезание* грунта, поперечное перемещение, послойное разравнивание.

Разработку резерва начинают от бровки. Перемещение грунта осуществляется за несколько проходов.

Укладку грунта производят двумя способами: *вполуприжим* и *вприжим*. Оба эти способа не обеспечивают равномерного слоя и его качественного уплотнения. Грунт, надвинутый автогрейдером, необходимо немедленно разравнивать, не допуская складывания в виде кучек и валов.

Зарезание грунта выполняют на 1 передаче автогрейдера половиной длины ножа при наибольшей толщине срезаемой стружки, а перемещение и разравнивание на 2 и 3 передачах по возможности всей длиной ножа.

Углы установки ножа автогрейдера для выполнения операций по зарезанию, перемещению и разравниванию грунта устанавливают в зависимости от видов и состоянию грунтов.

Табл.1

№	Операция	Углы установки отвала.		
		захвата	зарезания	наклона
1	Зарезания (первый проход) неразрыхленные легкие грунты 1 группы	40-45	до 40	до 13
2	разрыхленные грунты 2 и 3 группы	35-40	до 45	до 13
3	последующие зарезания	35-40	до 45	3-5
4	перемещение тяжелых грунтов	40-50	до 40	3-5
5	перемещение легких грунтов	35-45	до 45	4-6
6	разравнивание	55-60	45-60	до 1.5

Производительность автогрейдера:

$$П = q \cdot T \cdot k_p / t_n \cdot k_p, \text{ м}^3$$

$$q = 2 \cdot L \cdot f \text{ объем грунта, перемещаемый в насыпь, м}^3$$

L - длина захватки, м

f - поперечное сечение вырезаемой борозды при зарезании грунта, м²

T - продолжительность работы смены, ч

k_p - коэф. разрыхления грунта

$$t_n = \frac{2L}{V1} + \frac{2L}{V2 \cdot n} + 2(n+1)t_n + 2t_y$$

$V1, V2$ - скорость движения автогрейдера при зарезании и перемещении грунта, км/ч;

n - количество проходов для перемещения грунта, вырезанного за один проход зарезан ия,

t_n - время, затрачиваемое на 1 поворот автогрейдера в конце захватки, ч

t_y - время, затрачиваемое на одну перемену установки отвала, ч
Длину захватки назначают не менее 300-500м.

Лекция 7

Тема: Контроль соблюдения проектного профиля земляного полотна

Простейшие системы непрерывного контроля за геометрический очертанием земляного полотна.

При разработке нижнего слоя грунта в выемках и планировке поверхности земляного полотна применяют *инвентарные визирные обноски*. Визирка состоит из двух металлических штанг, одна из которых (наружная) является направляющей для другой и предназначена для закрепления в грунте; другая (внутренняя) свободно передвигается по первой, имеет в верхней части горизонтальную планку и закрепляется на заданной высоте.

Визирок одинакового сечения требуется не менее двух, которые устанавливают в конце участка одного и того же уклона. Расстояние между ними принимают не менее 50 м.

Смотровую визирку тоже со штангой закрепляют на отвале бульдозера на высоте, равной уровню глаз сидящего в кабине машиниста.

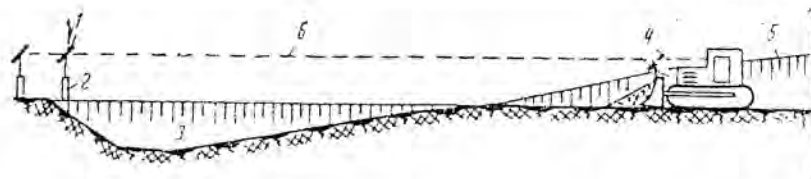


Рис. 1. Схема контроля глубины разработки выемки и высоты отсыпки насыпи при помощи инвентарных визирных обносок.

1 – цветная обноска; 2 – штанга; 3 – насыпь; 4 – цветная смотровая визирка; 5 – выемка; 6 – визирная ось.

Нивелируя уровень земля в точках установки штанг, высчитывают отметку вылета горизонтальных планок визирных обносок. Машинист в процессе работы визуально с помощью этих обносок и контролирует

необходимость продолжения или окончания разработки грунта. Планки обноски раскрашивают в резко различные цвета, что облегчает пользование ими.

Для быстрой и надежной ориентации машинист не только вдоль трассы, но и в плане дороги металлические штанги визирок устанавливают и на проекции бровок возводимой насыпи или наружных бровок канав выемок.

При работе экскаваторов, оборудованной прямой лопатой, принимают инвентарные обноски, устанавливая их в направлении, обратном продвижению экскаватора, и в одном створе с направлением его передвижения на расстоянии 30-50 м одна от другой и на таком же расстоянии от экскаватора.

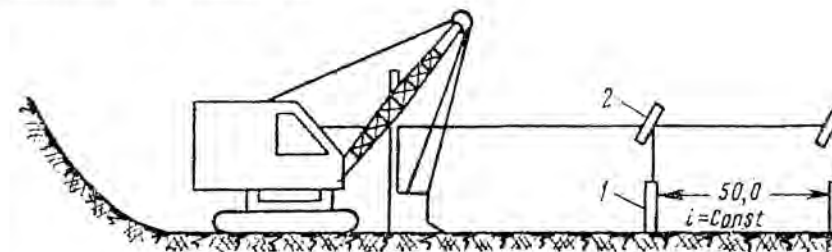


Рис. 2. Схема разработки грунта под отметку экскаватором с применением инвентарных обносок:
1 – штанга; 2 – обноска

Смотровой визиркой служит горизонтальная черта, нанесенная краской на самой рукоятки прямой лопаты на высоте уровня глаз машиниста.

Для контроля разработки забоя по высоте машинист поворачивает платформу в направлении установки инвентарных обносок. Затем ковш опускает к низу, пока рукоятка не примет вертикальное положение по отношению к плоскости подошвы гусениц и визуально проектирует

визирку рукоятки на горизонтальные планки инвентарных обносок, оценивая на глаз величину срезки.

Лекция № 8

Тема: Строительство сооружений для регулирования водно – теплового режима земляного полотна.

Вопросы: Назначения мероприятий по регулированию водно – теплового режима земляного полотна. Обеспечение поверхностного водоотвода. Строительство дренажей для перехвата грунтовых вод. Строительство глубоких дренажей для понижения уровня грунтовых вод. Строительство водонепроницаемых и капилляроперывающих слоев.

1. Назначение мероприятий по регулированию водно – теплового режима земляного полотна.

Для обеспечения долговременной службы автомобильной дороги без деформаций в первую очередь предъявляются повышенные требования к возведению земляного полотна.

Степень прочности и устойчивости земляного полотна на каждом участке и в различных климатических зонах при различных природных условиях *характеризуется* водно – тепловые режимы земляного полотна и дорожной одежды.

Водно тепловой режимом называется изменение температуры, и влажности в разных точках земляного полотна во времени. Если эти изменения выходят за пределы, при которых з.п. теряет свою прочность и устойчивость *необходимо* строительство сооружений предохраняющие з.п. от переувлажнения и резких изменений температуры.

Вода – главный враг дорог, поэтому правильное и своевременное предохранение дорожных сооружений от разрушающего воздействия воды является одной из главных задач при строительстве дороги.

Атмосферные осадки в виде дождя и талого снега. При гладком и достаточно водонепроницаемом покрытии стекают с него на обочины, затем по откосам – в боковые канавы или резервы. При интенсивных осадках стекающая вода может разбивать обочины и откосы, переполнять боковые канавы, размывать и проникать в земляное полотно, переувлажнять его. На дорогах с продольным уклоном воздействия потоков усиливается и происходит размыв обочины вдоль кромки дорожной одежды, размыв насыпей в местах стока с них воды и др. Поэтому для сохранения земляного полотна укрепляют его поверхность и *строят*: укрепленные обочины, водоотводы, канавы и лотки.

В выемках вода, притекающая с прилегающей местности, размывает откосы и может вызвать их скольжения на проезжую часть. Поэтому необходимо преградить воде допуск в выемку и отвести ее нагорными и водоотводными канавами.

Грунтовые воды при высоком их состоянии переувлажняют грунт земляного полотна и для понижения их на уровне необходимо строительство *дренажей*.

В зимнее время в I – II дорожном климатических зонах грунтовая вода, поднималась по капиллярам, переувлажняя грунт, а при замерзании увеличивалось в объеме, *вызывает пучение земляного полотна*.

Пучение или увеличение в объеме грунтов земляного полотна сверх допускаемых пределов вызывает разрушение дорожной одежды (*пучения*).

Не всегда можно снижением уровня грунтовых вод предохранить земляного полотна от переувлажнения при капиллярном поднятие воды. В зависимости от вида грунта капиллярное поднятие колеблется от нескольких сантиметров для *суглинистых* грунтов.

Необходимо специальные конструкции, преграждающей доступ капиллярной воде в верхнюю часть земляного полотна.

Подъему капиллярной воды и переувлажнению земляного полотна способствует ее промерзания. Поэтому применяют *тепло – изоляционные* дополнительные слои основания и капилляропрогревающие слои в земляном полотне. Для отвода поступающей воды в верхнюю часть земляного полотна дополнительные слои оснований устраивают в виде *дренирующих*. При избыточном притоке в дренирующий слой воды, ее отводят из него трубчатыми водохранилищами (дренаже). В южных районах возможно увлажнение грунта в верхней части земляного полотна парообразной водой, конденсирующийся на нижней поверхности водонепроницаемости дорожной одежды. С тем чтобы это увлажнение не влияло на устойчивость дорожной одежды, строят *специальные паронепроницаемые* слои в земляном полотне *ниже дорожной одежды*.

В горных районах на дороги обрушиваются сели, лавины, подземные виды и вызывают оползневые явление. Для защиты земляного полотна строят специальные сооружения – *лавинорезы, селеводы, противооползневые*.

Комплекс всех этих сооружений объединяют под общим названием – *«дорожный водоотвод»*.

Система водоотвода разделяют на две группы: Строительные и постоянные.

К Строительной группе относят: сооружения и мероприятия по предохранению земляного полотна от увлажнения, при его возведении необходимо при строительстве не допускать накопление воды в выемках, котлованах, резервов, карьерах и канавах. Работы по строительству выемок, канав и других сооружений ведут верх по уклону, чтобы вода могла стекать вниз, не задерживаясь у места работ.

К постоянной группе относят: все водоотводящие сооружения, предохранения проекта и подлежащей сдачи при принятии дороги в эксплуатацию: водоотводные канавы, лотки, глубокие дренажи для

понижения уровня грунтовых вод; дренажи для перехвата грунтовых вод; дренирующиеся, теплопроводящиеся капиллярнепроницаемые и паронепроницаемые слои.

2. Обеспечение поверхностного водоотвода.

Атмосферные и грунтовые воды переувлажняют земляное полотно, что приводит к его размыву, всплыванию откосов, оползней, обвалов и др. разрушения. Поэтому основная задача при возведении земляного полотна – создавать систему поверхностного водоотвода в виде ряда сооружений, принимающих притекающие к дороге воду *отводящих* ее в ближайшие водоемы. В состав системы поверхностного водоотвода входят: *боковые* грунтовые канавы в выемках и *вдоль насыпей* высотой до 1,5м, боковые выработанные резервы, нагорные канавы у выемок, канавы для осушения болот, канавы отводящие воду от дороги в водоемы, лотки на горных дорогах. Ряд водоотводных сооружений устраивают для возведения земляного полотна. Так возведение насыпи начинают с разработки резервов и канав; до начала разработки выемок прорывают нагорные канавы, предварительно проводят осушение оползневых склонов и болот.

Канавы уступают треугольной формы с откосами 1:15, реки 1:12. Канавам придают уклон не менее 5‰. В равнинной местности на отдельных участках возможно снижение уклона до 3‰. Глубина боковых лотков и канав с заложением откосов 1:3 не должно превышать 0,5м; в отдельных местах глубина допускается до 1м.

Технология работ по устройству канав состоит из следующих операций. На месте обозначают оси канав вехами, затем проводят крайние борозды автогрейдерами и поперечными зарезанием бульдозером перемещают по прилегающей местности. *Планировку* откосов и точное придание их формы производят автогрейдерами с откосниками.

При отсыпке насыпи из *боковых резервов* последующим придают поперечный уклон в сторону от насыпи. Прикоротких резервов в дальнейшем от насыпи в стороне прорезают канавы для отвода вод из резервов. Иногда при ширине резервов более 6м их дну придают поперечный профиль с уклоном к оси резерва.

В местах *перехода* выемок в насыпи и при приближения к водостокам боковые канавы отводят в стороны.

Чтобы прекратить *откосы насыпей* от размывания, на них для стока воды устраивают *бедонные* бетонные лотки.

На *продольных уклонах* более 20 – 30‰ особенно в легкоразмываемых грунтах, канавы укрепляют. *Откосы и дно* канав облицовывают бетонными плитами размером 40×40×12см. Плиты укладывают на грунт. Если уклон канав более 30‰ во избежание подмыва плит водой их укладывают на слой от 10 – 12см мелкого щебня или гравия толщиной 5 – 20мм.

Во избежание проникание воды и подмыва плит между ними заливают битумной мастикой или цементным раствором.

В годных районах в место боковых канав устраивают или каменных грунтов *лотки* из камня или готовых бетонных изделий.

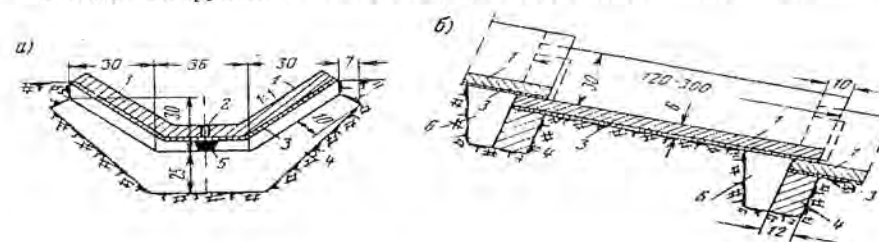


Рис. 1. Схема сборных железобетонных секций, укладываемых для укрепления канав и кюветов:

а – поперечное сечение; б – продольный разрез:

1 – железобетонная секция; 2 – продольный шов; 3 – прокладка из водонепроницаемого материала; 4 – железобетонная шпора; 5 – рабочий шов, заполненный водонепроницаемым материалом; 6 – ровик, заполненный местным грунтом.

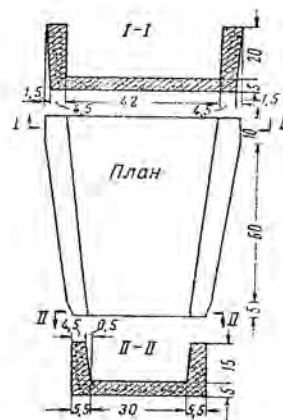


Рис.2. Телескопический лоток для сбора поверхностных вод:
Схема бетонного лотка

Наиболее часто используют *телескопические* бетонные лотки. Звенья их сопрягаются сдвиганием одного в другое и не требуют заделки швов, не имеют иных способов закрепления.

Нагорные каналы роют бульдозерами, и грунт перемещают вдоль выемки, образуя его в виде вала – банкета на крутых горных склонах из щебенистых и скальных грунтов вдоль оси нагорных каналов, грунты разрыхляют с применением ВВ. После разрыхления грунта взрывами его сдвигают бульдозерами для образования канала и банкета.

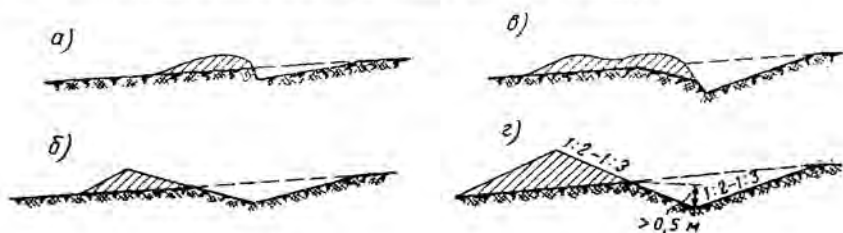


Рис.3. Схема устройства нагорной канавы.

а – рытье полки бульдозером (шириной 3м); б – срезка грунта откоса автогрейдером; в – рытье канавы; г – зачистка откосов и придание банкету проектной формы.

Для уплотнения канав применяют жидкие карбомидные и дурфуроловые смолы. Эти смолы обладают малой вязкостью, равномерно обрабатывают грунт на 3-4 см.

В результате пропитки смолят дно, и откосы канав они не размываются даже на участках с большим продольным уклонами.

Технология работ состоит из тщательной планировки поверхности дна к откосов автогрейдеров с откосником разбрызгивателем автогудронатором по поверхности канав укрепляемого материала.

3. Строительство дренажей для перехватывания и понижения уровня грунтовых вод

3.1 Для перехвата грунтовых вод

На участках дороги, переходящей в выемках, при глубине не ниже водонасосного горизонта приходится прорезать водоносный слой. Если не принять предохранительных мер, то вода из водонасосного слоя будет стекать по откосу в выемку, что приведет к снижению откоса и переувлажнению земляного полотна и дорожной одежды. В целях перехвата грунтовой воды устраивают *перехватывающий дренаж*. Строительство такого дренажа происходит до сооружения выемок.

В зависимости от залегания водонасосного слоя *дренаж* располагают в откосе выемки так, чтобы не вызывать обрушения откоса.

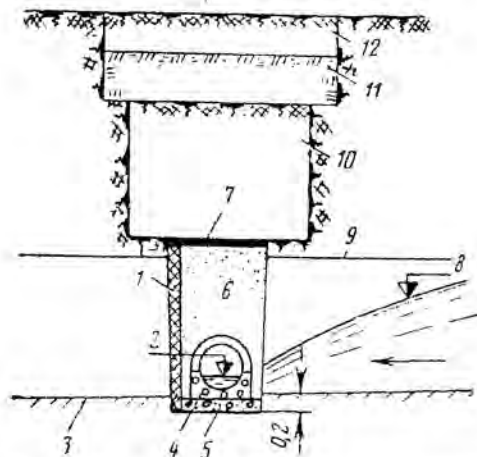


Рис. 4. Дренаж перехватывающей грунтовую воду на откосе выемки:

- 1 – вертикальный водонепроницаемый экран; 2 – вода в трубе толщиной слоя $h < 0,35d$,
 3 – водоупор; 4 – фильтровая вода $d \geq 0,15\text{ м}$; 5 – щебень или гравий, втрамбованный в водоупорный слой; 6 – песок с коэффициентом фильтрации $K \geq 0,15\text{ м/сутки}$ (в плотном теле); 7 – тонкий водонепроницаемый слой; 8 – депрессионная кривая после устройства дренажа; 9 – водоносный слой;
 10 – местный грунт; 11 – уплотненный глинистый грунт; 12 – растительный грунт.

Конструкция дренажа включает основной элемент *дренажную трубу*, укладываемую не грунтощебеночную или из гравийной смеси подушку.

На толщину водного слоя со стороны откоса выемки в траншее дренажа путем укладки послойно глинистого грунта создают глинистый водонепроницаемый экран в виде стенки, остальную часть заполняют песком. Поверх этой части дренажа укладывают глинистый водонепроницаемый слой, остальную часть сверху засыпают местным грунтом.

Принцип работы состоит в том, что грунтовая вода из водоносного слоя, попадая в песчаную часть, не может продвигаться дальше, встречая

на пути глинистый экран, фильтрует в песке, попадают в трубу и по ней отводится в близ лежащий водоем.

Для дренажа применяют *годные* асбоцементные, пластмассовые, из пористого без песчаного бетона и др. трубы. Внутренний диаметр труб 50 – 300 мм, длина зависит от типа и массы трубы.

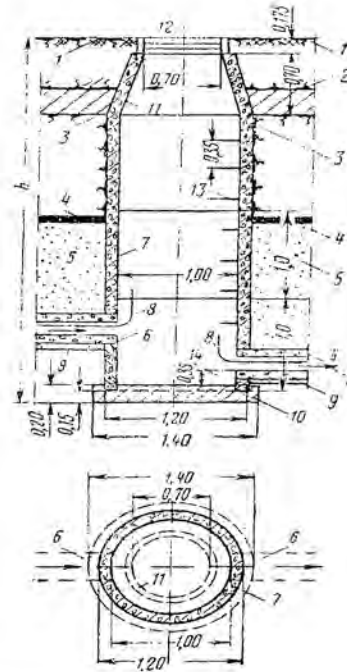
Для поступления воды в трубы в них делают водоприемные отверстия, прорезы или ограничиваются стыками между звеньев труб.

Уложенные в траншею трубы в стыке засыпают щебнем или обертывают *фильтрованными тканями*.

На всех переломах дренажа в плане и продольном профиле и на прямых участках через 60 – 80 м ставят *смотровые колодцы*. Назначение колодцев – обеспечить нахождения пробок и мест, препятствующих нормальному прохождению воды. Колодцы строят из сборных железобетонных колец ϕ 1 м. Колодец наверху имеет горловину закрываемой чугунной решеткой.

Технология строительства дренажа для перехвата грунтовых вод состоит: снятие дерна на полосе будущего дренажа; отрывок траншеи, начиная от места выпуска воды из дренажа во избежание затопления траншеи на глубину до водоносного горизонта с применением транспортного экскаватора, укладка подушки, устройство глиняного экрана; укладка труб с обертыванием стыков фильтровой тканью или обсыпкой щебнем; засыпка местным грунтом с уплотнением; укладка дернового слоя по поверхности проложенного дренажа; строительство смотровых колодцев.

Рис.5. Сборный смотровой колодец на дренажах и водосточных линиях $d=1,0$ м:
1 – растительный грунт; 2 – уплотненный глинистый грунт; 3 – местный утрамбованный грунт; 4 – водонепроницаемый слой из битумированной бумаги, синтетической пленки, или битумированного песка толщиной слоя 5см; 5 – песок; 6 – фильтровая труба; 7 – железобетонные кольца; 8 – проволока для прочистки дрен; 9 – песок или каменные высклки слоем 5см; 10 – бетон М-100; 11 – горловина из сборных железобетонных колец различной длины; 12 – металлический люк; 13 – лаз в колодец; 14 – отстойник; 15 – направления движения воды.



Строительство глубоких дренажей для понижения грунтовых вод

Основная цель прокладки глубокого дренажа – снизить уровень грунтовых вод под земляным полотном на такую величину чтобы от пониженного уровня грунтовых вод капиллярная вода не достигла дорожной одежды

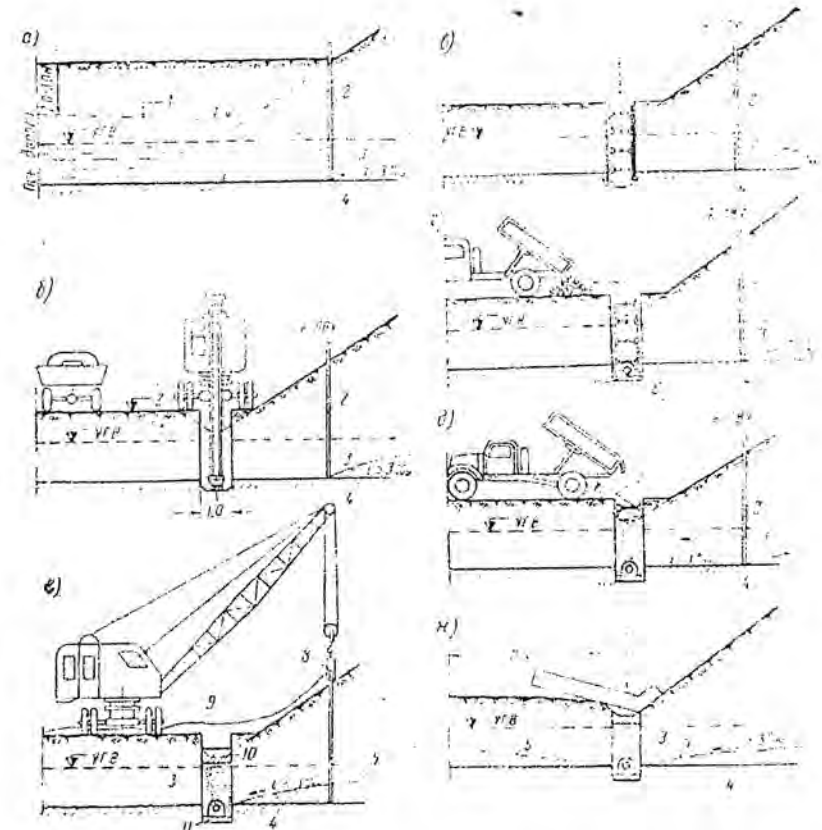


Рис. 6. Схема последовательности устройства дренажа для понижения уровня грунтовых вод:

а – установка иглофильтров; б – рытье траншеи экскаватором с погрузкой грунта; в – установка инвентарных креплений экскаватором; г – устройство основания под трубчатые дрены и укладка фильтровых труб; д – засыпка траншеи песком с разборкой нижних звеньев крепления и уплотнения песка; е – устройство изолирующего водонепроницаемого слоя из глинистого экрана; ж – нарезка лотка из кювета автогрейдером, с последующей укладкой гумусированного песка и посевом многолетних трав;

1 – проектная отметка земляного полотна; 2 – иглофильтры; 3 – водоносный слой; 4 – водоупор; 5 – депрессионная кривая; 6 – фильтровая труба; 7 – лист котельного железа для разгрузки песка; 8 – выдергиватель; 9 – кабель с передвижной электростанции; 10 – замок из водонепроницаемого грунта; 11 – гравийная или грунтощебеночная подготовка; УГВ – расчетный уровень грунтовых вод.

Дренажные трубы укладывают на глубину 3м, в остальном работы не отличаются от работ по строительству перехватывающих дренажей.

4. Строительство паропроницаемых и капеллярпрерывающих слоев.

Устройство таких слоев необходимо в насыпях, возвышенных бровок которых над расчетным уровнем грунтовых и поверхностных вод, а также над уровнем поверхности земли на участках с необеспеченными поверхностными стоками, недостаточно чтобы выдерживать установленные нормы возвышения низа дорожной одежды.

Паронепроницаемые и водонепроницаемые слои

Устраивают на всю ширину земляного полотна или в целях экологии материалов на ширину проезжей части с превышениями ее с каждой стороны на 0,5м

Водонепроницаемые слои устраняют доступ не только парообразной и капиллярной влаги, но и влаги в любом ее виде. Эти слои строят из местных супесчаных грунтов, обработанных органическими вяжущими.

При насыпях высотой 1м, после снятия уплотненного слоя можно строить водонепроницаемый слой для устранения подъема воды от близкого уровня грунтовых вод путем разрыхления местного грунта на глубину 5 - 10см, разлива по нему органического вяжущего материала с расходом $2 - 3 \frac{л}{м^2}$, смещение за один проход фрезой или два три прохода автогрейдером и катком легким, а затем тяжелым.

В качестве вяжущего материала принимают гудрон, жидкий битум, нефть, отходы промышленности.

При насыпях более 1м в III дорожной климатической зоне слои располагают на глубине 0,6 – 0,8м, во II зоне на глубине 0,8 – 1,0м. Считая от бровки насыпи.

Помимо обработки местного грунта, проводят строительство водонепроницаемых слоя толщиной 3 - 3,5м из доставленной с завода готовой горячей нефтяной смеси IV марки.

В последующие время получим применение синтетические тканые и нетканые материалы (отечественного и импортного производства).

Поверх спланированного земляного полотна рассчитать результат пленки с перекрытием стыков на 10 – 20см

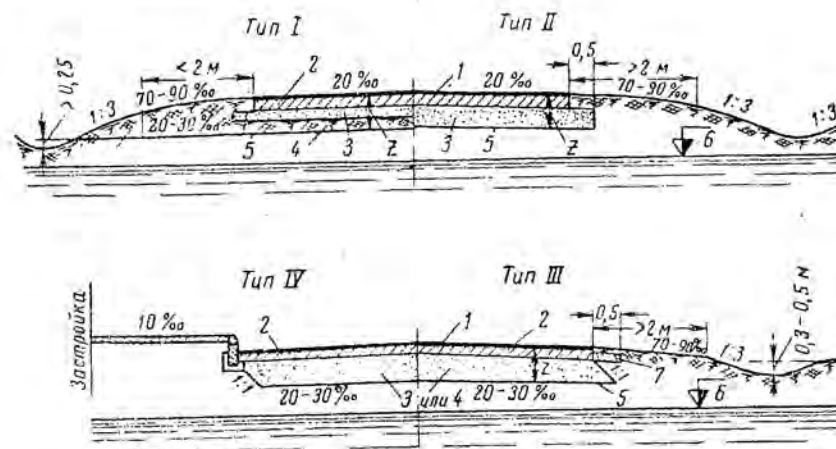


Рис. 7. Различные конструкции паронепроницаемых прослоек на сырых и мокрых участках:

1 – усовершенствованное покрытие; 2 – верхний слой основания; 3 – местный песок пониженного качества; 4 – местный грунт; 5 – паропроницаемая прослойка; 6 – расчетный уровень грунтовых вод; 7 – водонепроницаемый козырек; z – глубина заложения прослойки.

Капеллярпрерывающие слои – достигают в насыпях на всю ширину, на глубину, считая от бровки 1м назначение этих слоев – создать преграду для подъема капиллярной воды. Такие слои устраивают из гравия или щебня, не обладающих способностями к капиллярному поднятию в них воды.

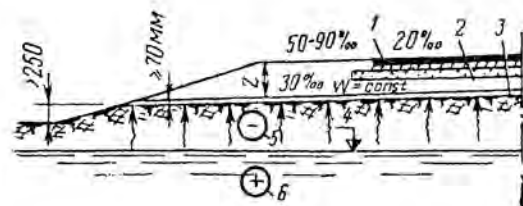


Рис. 8. Регулирование водного режима насыпи на сырых и мокрых участках:

Схема капилляропрерывающей прослойки;

1 — дорожная одежда; 2 — местный грунт; 3 — прослойка; 4 — расчетный уровень грунтовых вод; 5 — зона капиллярной воды; 6 — зона свободной воды;

Капилляропрерывающиеся слои должны сохранять свою способность не допускать в них поднятие капиллярной воды; попадающие в месте с капиллярной водой частицы грунта могут привести к заливанию слоев и потере их способности к капилляропрерыванию.

Поэтому снизу и сверху капилляропрерывающих слоев располагают противозаиливающие слои.

Противозаиливающие слои состоят из топочных шлаков, чистых каменных высевок (0 — 5 мм), отходов асбестовой промышленности, толщину принимают 3 — 5 см. Общая толщина капилляропрерывающего слоя

Лекция №9

1.1 Особенности зимних земляных работ.

Выполнение земляных работ в зимний период дает возможность: продлить строительный сезон, более полно и равномерно использовать дорожно-строительные машины в течение всего года, ускорить строительство и уменьшить накладные расходы.

При производстве работ в зимний период установлены *специальные правила*

Это требования к основаниям, насыпей которые должны быть заранее подготовлены и очищены от снега и льда. Во избежание промерзания грунтов, прокладываемых в насыпь в таллом состоянии, период времени от разработок до окончательного уплотнения насыпи не должен превышать

2 — 3 ч. при температуре воздуха до -10°C а при ветре (более 3-4 баллов) или температуре -10°C — -20°C этот период сокращается до 1 — 1,5 ч.

Автомобили самосвалы в зимнее время оборудуют утепленными кабинами; во избежание промерзания талого грунта, кузова смазывают раствором хлористого кальция или подогревают двойное днище отработавшими газами двигателя. Содержание мерзлых комьев грунта. В нижних слоях насыпи не должно превышать 15-30%, размер этих комьев не должно быть более 15-20 мм. В верхние слои насыпи (1-1,2 м) допускается укладка только грунта.

Минимальный объем сосредоточенных земляных работ, при котором становится экономичным вести работы в зимних условиях, составляет 50 тыс. м^3 . В зимний период рекомендуется разрабатывать: выемки с отсыпкой грунта в отвал или в насыпь, предназначенные резервы и карьеры в сухих песчаных, гравийно-галечных и скальных грунтах и возводить насыпи на болотах при условии замерзания их на глубину 18-

35см, обеспечиваемую проходимость машин (меньшая глубина относится к болотам I типа, большая глубина относится к болотам III типа).

В связных грунтах зимой целесообразно выполнять лишь сосредоточенные земляные работы, в том числе разработки выемок экскаватором с укладкой грунта в кавальеры. Выполнение линейных работ с отсыпкой невысоких насыпей из связных грунтов и разработкой мелких резервов большой протяженностей в зимнее время не допускается. Работы зимой должны быть полностью механизированы. Высота забоя в резервах и карьерах должно быть не менее пяти толщин промерзшего грунта. Рыхление мерзлого грунта производится дроблением при толщине промерзшего грунта до 0,6м при помощи свободно падающего молота клиновидной или шаровидной формы весом 2,0 – 2,5т.

При большом объеме работ наиболее эффективна разработка мерзлых грунтов в выемках массовым взрывом на выброс (при глубине промерзания более 1,5м) или мелкими взрывами шнуровых зарядов с отвозкой мерзлого грунта в отвал (при глубине промерзания 0,6 – 1,5м).

1.2. Подготовительные работы

Во всех случаях разработки в зимнее время выемок сосредоточенных резервов и карьеров осенью, до наступления морозов должны быть выполнены подготовительные работы: участки намеченные к разработке, должны быть предохранены от промерзания путем вспышке и боронования, а также утеплены теплоизоляционными материалами (хворост камыш, листва, опилки, солома, торф, шлак и др.). Обычно все эти материалы, как и вспаханный грунт, хорошо предохраняет от промерзания, обходится дешевле по сравнению со способами оттаивания (электронагревателями и паронагревателями или водооттаивания) или рыхление мерзлого грунта (молотами, взрывами, прорезанием).

Глубина рыхление грунта рыхлителями достигает 30-35см; с последующим его боронованием этот малотеплопроводимый слой защищает нижележащий грунт от промерзания обычно лишь в течении первой трети зимы.

Если разработку грунта предлагают вести в течении второй трети зимы, то на поверхности нужно уложить слой утеплителя или снега; толщина снега должна 40см. тогда она предохраняет грунт от промерзания, как если бы это был слой грунта толщиной 1м.

На участках, намечаемых к разработке последней трети зимы, рекомендуется предварительно перелопатить грунт, предохранять его от промерзания засыпкой рыхлым грунтом; при наличии источника водоснабжения на связных водонепроницаемых грунтах – намораживать лед слоем до 60см с последующим его удалением при разработке.

Необходимые расчеты толщины слоя теплоизоляции выполняются согласно Инструкции по производству работ в зимнее время.

1.3. Разработка выемок и возведения насыпей

Разрабатываемую поверхность выемки или резервов очищают от снега, льда, кустарника, и растительного слоя не более чем на одну смену вперед, и в дальнейшем, площадь очистки перед началом работ определяют суточной производительностью земленной толщины при соответствующей температуре воздуха. Разработку грунта ведут экскаваторами с емкостью ковша не менее 0,65 м³ непрерывно только при сильных снегоходах и лиселях, работу прекращают и начинают вновь лишь после полного удаление снега и льда с отсыпаемой насыпки. Длина захватки определяется исходя из необходимости закончить уплотнения талого грунта до того момента, когда его температура понизится до +2°С, и не должна превышать 100м. Соседние захватки сопрягают уступами, шириной 2-3м; при отсыпки нового участка необходимо разрыхлять.

Грунт в насыпи укладывают горизонтальными слоями во избежания образования плоскостей скольжения, толщина слоя зависит от имеющихся средств уплотнения; лучше всего зимой применять *трамбующие плиты* или решетчатые катки.

В тех случаях, когда меры предохраняемого грунта от промерзания в резерве не были приняты или оказались недостаточными, приходится при возведении земляного полотна в зимний период разрабатывать мерзлые грунты. При толщине мерзлой верхней корки 0,1 – 0,2м применяют для рыхления скалывающие ножи, и зубья монтируются к отвалом бульдозеров или рыхлителя. Без предварительного рыхлителя можно разрабатывать слои мерзлого грунта толщиной 0,5 – 0,4м экскаваторами с прямой лопатой емкостью ковша 0,5м – 1,0м. При глубине промерзания больше 0,4м для механического рыхлителя приспособлениями в виде клина или шара весом 2-2,5т, подвешиваемые к стрелам экскаваторов, или скалывающие клиновые рыхлители, дизель-молотом и вибраторами. Если объект расположен вне намеченного пункта и объем работ большой, рыхлить и разабатывать мерзлые грунты эффективно взрывом на выброс – в отвал. В зависимости от глубины промерзания применяют:

а) Шнуровые заряды при диаметре шнуров 45-50мм (глубина промерзания 0,6 - 1,5м).

б) Шнуровые заряды при диаметре 60 – 70мм (глубина промерзания до 2м).

в) Скважинные заряды при диаметре более 70мм (Глубина промерзания более 2м). Глубина шнуров должно быть составлять 0,8-0,95м от толщины мерзлого слоя.

Взрывные работы поручают *только специалисту – взрывнику*, который должен иметь «Единую книжку взрывника» и руководствоваться «Едиными правилами техники безопасности при взрывных работах»

Разрыхленный грунт должен быть убран в течении смены, а при сменных породах (ниже – 20°С) во избежания повторного смерзания грунта – в течении 3 - 4ч.

Забой при разработке мерзлого грунта делят на два смежных блока: один готовят к взрыванию, а вдругом ведут выработку взрываемого грунта.

Лекция № 10

Уплотнение грунтов.

1. Теоретические предпосылки.

Уплотнения грунтов в искусственно насыпных насыпях и выемках преследуют следующие цели: улучшая структуру грунта, создают устойчивое земляное полотно, которое при воздействии собственного веса и действующих на него нагрузок при различных условиях увлажнения, а также промерзания и оттаивания *не будет давать* неравномерных остаточных деформаций дорожной одежды, превышающих *допустимые* (например, для капитальных покрытий – 1,0 – 1,5 см, для облегченных возможный модуль упругости верхних слоев грунта земляного полотна, позволяющий уменьшить потребную толщину дорожной одежды.

Критерием плотности грунта считают:

1) степень плотности грунта, при которых прекращается возможность дальнейших осадок земляного полотна от действующих повторных расчетных нагрузок и увлажнения. (устойчивость).

2) Более высокая степень плотности, если она обеспечивают повышенную прочность грунта, мало изменяющую от сезонных колебаний (увлажнения и замерзания грунта).

Объемный вес скелета грунта определяется

$$\delta = \frac{\gamma \left(1 - \frac{V}{100}\right)}{1 + \frac{W - \gamma}{100}}, \quad (1)$$

Где:

γ - удельный вес минеральных частиц г/см^3

V - объем воздуха, %

W - весовая влажность грунта, %

I – еденичный объем грунта (см^3)

Зависимость (1) показывает, что степень плотности грунта, выраженная через его *объемный вес*, при одинаковом удельном весе будет тем выше, чем меньше объем воздуха и влажность грунта.

На основе практических наблюдений установлено, что для наиболее плотной структуры необходимо, чтобы влажность грунта была такой при которой процент защемленного воздуха находился в пределах 4 – 6%. При этом образуется наиболее прочные гидрантные оболочки, обеспечивающую минимальную фильтрацию и наименьшее разбухания грунта, а следовательно, и наивысший возможный модуль упругости. Если влажность не ниже, т.е. объем пор, занятый воздухом, выше, то устойчивой структуры не создается и при увлажнении грунт легко разбухает и тем больше, чем ниже влажность, а при недостаточной плотности, наоборот, доуплотняется и дает осадку. И модуль упругости в обоих случаях падает. Если влажность вытесняет указанный процент воздуха, то структура тоже делается не устойчивой, особенно при ударном уплотнении, и модуль упругости уменьшается.

Существует некоторая оптимальная влажность, которая меняется в зависимости от степени уплотнения грунта, т.е. от его объемного веса. Чем плотнее грунт, т.е. чем большая работа затрачена на его уплотнения (тяжелые метки, трамбовки, увеличенное число проходов катков, большая высота падения уплотняющих грунтов), тем прочнее структура. при условии, что влажность находится в указанных выше оптимальных пределах.

Влажность %

Изменение оптимальной плотности и оптимальной влажности при разном уплотнении:

- 1) Стандартное уплотнение;
- 2) Усиленное уплотнение (США)
- 3) Линия нулевых пор

Для уплотнения большое значение имеет влажность грунта при производстве земляных работ: чем ниже влажность. Тем приходится давать больше уплотнения.

На практике (проф. Н.Н. Иванов) разработал метод стандартного уплотнения, согласно которому определяются оптимальные степени плотности и влажности грунтов, соответствующие максимальной степени в насыпях.

Определение оптимального объемного веса грунта.

Табл. 1

№	Грунты	W%	γ_{cu}^*	V%	δ_{cu}^*
1	Песчаные	8 – 12	2,65	6	2,05 – 1,90
2	Супесчаные	10 – 15	2,66	6	1,97 – 1,78
3	Пылеватые супесчаные	16 – 20	2,68	5	1,78 – 1,65
4	Глинистые	18 – 21	2,68	5	1,72 – 1,63
5	Суглинистые	14 – 14	2,70	5	1,86 – 1,70
6	Тяжелые суглинистые и глинистые	18 – 22	2,70	4	1,75 – 1,63
7	Черноземы суглинистые	20 – 25	2,60	5	1,63 – 1,50

Стандартное уплотнение грунта в лабораторных условиях проводят на приборе *Союздорнии*.

Уплотнение производится в три слоя, каждый слой уплотняется ударами груза, число, которое равно одной трети общего числа ударов,

намеченной для уплотнение. Общее число ударов назначается в зависимости от грунта: для песчаных и супесчаных грунтов – 7,5; для суглинистых и глинистых – 120. Испытания проводятся для получения кривой (см рис. выше). Максимальная плотность на кривой принимается за оптимальную степень плотности δ_0 , влажность соответствующая этой степени плотности – за оптимальную влажность.

При уплотнении насыпей и выемок из условий отсутствия недопустимых осадок вводят поправочные коэффициенты к объемному весу, соответствующему (коэффициент уплотнения) стандартному уплотнению.

$$K_v = \frac{\delta_1}{\delta_{cm}} \text{ где}$$

δ_1 - фактический объемный вес скелета грунта $\frac{г}{см^3}$

δ_{cm} - объемный вес при стандартном уплотнении склона грунта $\frac{г}{см^3}$

Значения минимального требуемого коэффициента от
оптимального уплотнения

Табл. 2

Часть насыпи	Глубина от поверхно- сти, м	Усовершенство- вание покрытия калительного типа		Усовершенство- ванные покрытия облегченного типа	
		Дорожно-климатические зоны			
		II – III	IV – V	II – III	IV – V
Верхняя	до 1,5	0,98–1,00	0,95–0,98	0,95–0,98	0,95
Нижняя не подкапливае- мая	$\frac{1,5-6}{\text{более 6}}$	$\frac{0,95}{0,98}$	0,95	0,95	0,9–0,95
Часть выемки в зоне промерзания и дно корыта	$\frac{1,2}{0,3}$	0,98–1,00	0,95–0,98	0,95–0,98	0,95
Ниже зоны промерзания	1,2	0,92–0,95	0,92–0,95	0,92	0,90

В настоящее время при строительстве насыпей, по причине мощных уплотняющих дорожно – строительных машин, плотность грунта в насыпи получается больше чем в резерве, поэтому вводится понятие коэффициент уплотняемого грунта в насыпи $K_1 = \frac{\delta_{\text{нас}}}{\delta_c}$

$\delta_{\text{нас}}$ - средний объемный вес скелета грунта в насыпи $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

δ_c - средний объемный вес скелета грунта в резерве $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

Ориентировочные значения коэффициента к относительного уплотнения K_1
Табл. 3

Коэффициент уплотнения выемки K_1	Мелкозернистые грунты (насыпь)			Каменные материалы при объемном весе скелета грунта $\frac{\gamma}{\text{см}^3}$	
	Пески, супеси, пылеватые пески.	Суглинок, глина	Лессы и лессовидные грунты и черноземы	1,9 – 2,2	2,2 – 2,4
1,10	1,10	1,05	1,20		2,4 – 2,7
0,95	1,05	1,00	1,15	0,90	0,85
0,90	1,00	0,95	1,10		0,80

2. Работы по уплотнению грунтов

При возведении земляного полотна экскаватором – драглайном первоначальное уплотнения получается 0,6 – 0,7 от оптимального.

При отсыпке автомобилями и скреперами предварительное уплотнение грунта составляет 0,8 – 0,85 от оптимального, а при влажности грунта близкой к *оптимальной* уплотнение достигает 0,85 – 0,90 от оптимального. Чтобы уплотнение в среднем было не ниже 0,95 – 1,00 от оптимального *необходимо искусственное* уплотнения, с этой целью применяют уплотняющие дорожно – строительные машины.

Главным требованием при уплотненной насыпи – это *равномерное* уплотнения. Неравномерное уплотнения грунта вызывает отдельные просадки насыпи и приходится ремонтировать построенные дорожные участки, досыпать после укрепления откосы конусы у устоев мостов, ликвидировать толчки при выезде на мосты, подымать насыпь над трубами, досыпать обочины.

Для обеспечения равномерности уплотнения необходимо так организовать работы, чтобы уплотнения проводилось одинаково по всей ширине, начиная от подошвы.

Кроме того организация работ. По отсыпке и уплотнению насыпи должна быть построена таким образом, чтобы обеспечить не только равномерное в каждом слое продвижение машин, но и соблюдение оптимальной влажности.

Для этого необходимо грунт из резерва или выемки, обычно имеющий достаточную влажность, перемешать, разравнивать и *уплотнять* равномернее и быстрее на одной захватке, чтобы пересыхания его не потребовало дополнительной поливки.

Когда влажность грунта недостаточна, организуют искусственную поливку и с таким расчетом, чтобы влажность грунта *по всему*

уплотняемому слою была, возможно, ближе к оптимальной. Но не выше ее.

Влажность, превышающая оптимальную больше чем на 3%, не дает возможности уплотнять насыпь. В этом случае надо дать грунту подсохнуть.

Для уплотнения грунтов при возведении насыпей применяют: гладкие тяжелые катки (прицепные или самоходные), кулачковые (прицепные). Решетчатые и ребристые, катки на пневматических шинах, механической трамбовки, (электрические, пневматические), трамбующие плиты, трамбовочные и виброуплотняющие машины, мшины виброударного действия.

Гладкие катки – пригодны для связных и малосвязных грунтов. В настоящее время они довольно распространенные уплотнительные машины, но недостаточно производительные и экономичные. Основные *недостатки* их: они уплотняют не толстые слои грунта (не более 0,2м), требуется большое число проходов по одному следу на малых скоростях и большой фронт работ.

Кулачковые катки пригодны для связных и малосвязных грунтов, и обладая одинаковым с гладкими катками весом, *дают почти вдвое* большую глубину уплотнения и требуют меньше числа проходов. Кулачковые катки эффективно использовать в *рыхлых и комковатых* грунтах и непригодны в переувлажненных.

Катки на пневматических шинах уплотняют как связные, так и несвязные грунты. Они эффективнее, выше рассмотренных. При уплотнении катками на пневматических шинах *рыхлого грунта*, удельное давление сначала невелико так как колесо ведет себя как жесткое. По мере уплотнения давление приближается к постоянной величине, равной для этих катков $(4 - 8 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2})$ иногда $12 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$. Глубина уплотнения достигает

для легкого катка на 8 шинах (вес с догрузкой – 10т) – 20см, для тяжелого катка на 6 шинах (вес с догрузкой 25т) – 30 – 35см. В современных *катках* на пневматических шинах давление в них может регулировать от 2 до 8 кл/см^2 . Это дает возможность начинать укатку при сравнительно рыхлых грунтах, соблюдая постепенное повышения удельного давления. Используя самоходные *катки* на пневматических шинах.

Трамбующие плиты – применяют в качестве навесного оборудования на кранах или экскаваторах и уплотняют насыпи на глубину до 1,5м. Они пригодны для работы в связных и несвязных грунтах. Трамбующие плиты изготавливают размером: 0,6, 1,0 и 1,5м²; весом от 1,5 до 2,5т. Глубина уплотнения от 0,5 до 1,5м и высота падения 1 – 2м.

Пневматические и электрические трамбовки бывают легкие – 0,1÷0,2т и тяжелые от 0,5 до 1,5т. Легкие уплотняют на глубину 20÷30см; тяжелые 40÷90см.

Самоходные трамбующие машины – снабжены рядом молотков весом от 0,25 до 1,5т, падающих с высоты 50÷250см. Ширина уплотняемой полосы от 1,8 до 3,0м, рабочая скорость от 200 до 400м/ч. Они уплотняют грунт на глубину от 60 до 100см.

Выбор уплотняющих машин зависит от ряда факторов: вида грунта, его состояние (влажности) необходимости толщины уплотнения, производительности и маневренности машин. Чем *больше величина* уплотнения, тяжелее грунт и ниже его влажность по сравнению с оптимальной, тем *требуются более мощные и тяжелые* уплотняющие машины и большое число проходов по одному следу.

Как *показывает практика* строительства: скорость катка незначительно отражается на *плотности грунта*, но сильно влияет на *ровность*, водоустойчивость и прочность насыпи. Происходит это потому,

что при кратковременности приложений *нагрузки грунта* и не успевают *приобрести* надлежащую структуру (сцепления).

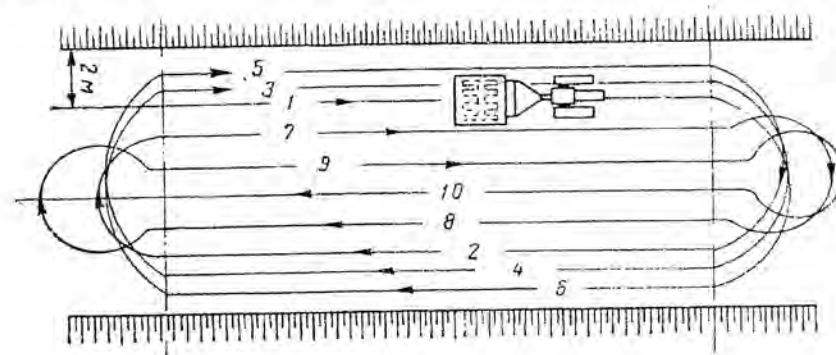


Рис. 1. Схема работы прицепного катка на пневматических шинах.

1 – 10 – последовательность проходов

3. Контроль качества уплотнения насыпей

Контроль качества уплотнения насыпи осуществляют путем сравнения требуемой плотности по табл. 2 с объемным весом скелета грунта отобранного из насыпи. *Ориентировочно* один образец берется на каждой захватке и с каждого слоя, но не менее чем через каждые 5000м³ грунта. При неоднородных грунтах число образцов увеличивается. *Объемный вес скелета* грунта определяется при помощи специального кольца с режущим краем объемом 500м³.

Для *определения фактической* плотности и влажности грунта в полевых условиях пользуются *плотномером – влагомером* Н. П. Ковалева. Зная удельный вес грунта, определяют его оптимальную плотность. В настоящее время разработаны способы полевого определения влажности и плотности с помощью радиоактивных изотопов.

1. Метод радиопросвечивания в грунт опускают вилку на глубину до 50см, состоящую из двух трубок: в одной расположен источник излучения (Co^{60}), в другой – счетчик

импульсов (γ – излучения). По количеству импульсов определяется объемный вес грунта.

2. Метод рассеивания радиоизлучения. Источник радиоизлучения и счетчик определяется степень рассеивания излучения в грунте, окружающих зонд.

Приемка земляных работ и готового земляного полотна.

В процессе возведения земляного полотна автомобильных дорог (помимо повседневного конического контроля качества) *производят промежуточную приемку по окончании работ.*

В процессе промежуточной приемки проверяют и освидетельствуют работы в натуре, выполняют контрольные размеры, производственные и лабораторные испытания. На основании этого определяют: *соответствии продольного, поперечного профилей*, расположения земляного полотна в плане проекту и категории данной дороги; качество грунтов, уложенных в насыпь (их соответствие проекту и техническим условиям); правильность расположения отдельных слоев и степень уплотнения грунта.

Положение земляного полотна в плане проверяют измерением отдельных углов поворота и прямых между ними, а также путем контрольной разбивки кривых.

При приемке расчищенной полосы отвода проверяют полноту и качество работ по валке деревьев, корчевке лней, срезке кустарника, выкорчевывания корней, засыпка ям, сборка крупных камней; при снятии растительного слоя его складывают.

Если земляное полотно проходит по болотистой местности, то проверяют снятие листового и торфяного слоев. В процессе выторфования проверяют глубину выторфования, размещение отвалов грунта, размеры и положение котлована относительно оси, очередность работ по выторфованию.

На косогорах проверяют правильность устройства нагорных канав, уступов под насыпью, подпорных стенок, обеспечивающих устойчивость насыпки на косогоре. *При возведении насыпи* на болотах без выторфования проверяют положение насыпи относительно оси, расположения оси, прорезей, канав в плане. При устройстве песчаных дрен и дренажных траншей контролируют размеры и положение скважин и прорезей, заполнения их песком, извлечение обсадных труб, качество песка, качество грунта.

При устройстве водоотводных канав контролируют очередность работ по устройству канав, геометрические размеры, уклоны, крутизну откосов.

При устройстве выемок проверяют на местности положение оси, бровок земляного полотна, нагорных канав, устройства забоев, обеспечение водоотвода; выполняют окончательную проверку отметок; крутизну откосов; ширину полотна; выемки; уклоны; ровность поверхности.

Во всех случаях производится проверка оснащения под будущей насыпью, которое должно быть хорошо спланировано и уплотнено. Ненадежные грунты под насыпью должны быть заменены. При наличии грунтовых вод принимают скрытые работы по устройству дренажных сооружений.

В процессе производства земляных работ ежедневно контролируют: качество уложенного грунта; правильность расположения отдельных слоев; степень уплотнения грунта; геометрические размеры земляного полотна в плане, продольном и поперечном профилях, условиях обеспечения водовода; крутизну откосов.

Предельный профиль земельного полотна проверяют измерением отдельных углов поворота и прямых между ними, а также путем контрольной разбивки кривых нивелированием на всех пикетах и

перелом их проектных уклонов. При этом проверяют отметки оси дороги, обеих бровок, два резерва и боковых канав, ширину земляного полотна, крутизну откосов и размеры канав проверяют не менее чем *в трех местах* на каждом километре дороги, а также в местах, вызывающих сомнение при осмотре. Одновременно осматривают поверхность земляного полотна, которая должна быть спланирована так, чтобы вода на ней не задерживалась. Размеры боковых канав проверяют в местах изменения ширины земляного полотна, а также в местах, вызывающих сомнение.

Качество уложенного в насыпь грунта и степень его уплотнения в процессе приемки готового земляного полотна проверяют по данным лабораторных испытаний.

Плотность грунта насыпи проверяют в процессе возведения или уширения земляного полотна не менее как в 10 местах или взятием не менее трех образцов на каждые 200м отсыпанного слоя при высоте земляного полотна по 3м, а при насыпях выше 3м пробы отбирают через 50м. Пробы берут *по оси и 1,5-2,0м от бровок* земляного полотна, а также в промежутках между ними при ширине отсыпаемого слоя более 20м. Кроме того, отбирают пробы грунта *из каждого уплотненного слоя над трубами*. В процессе уплотнения следят за равномерностью уплотнения в поперечном и продольном направлениях. Отклонения от наименьшего требуемого коэффициента уплотнения в сторону понижения допускают не более чем у 10% образцов. Отклонения не должны превышать по абсолютной величине 0,04. Разница между значениями коэффициента уплотнения по поперечному сечению полотна для дорог не усовершенствованными покрытиями не должна превышать 0,02.

В зимнее время должен быть обеспечен повседневный контроль за качеством уплотнения, влажностью и составом грунта.

Выполненные работы принимаются комиссиями в составе: председателя технического надзора, главного инспектора строительного

подразделения, выполнявшего работы, производителя работ и лиц, непосредственно руководивших данными работами.

Приемочной комиссии предъявляются следующие документы: технический проект принимаемого сооружения; акты на скрытые работы, выполненные ранее; акты геодезической разбивки и установки реперов, исполнительные чертежи с отметкой о допущенных отступлениях от проектных решений; журналы и акты лабораторных испытаний; журналы производства работ.

Приемку работ оформляют актом, который должен содержать:

- а) перечень технической документации, на основании которой были выполнены земляные работы;
- б) документы с данными о контрольных работах, выполненных в процессе приемки;
- в) перечень видов и объектов выполненных работ с указанием их качества;
- г) перечень и характеристику отступления от проекта;
- д) перечень недоделок и дефектов, не препятствующих эксплуатации земляного полотна, с указанием сроков их устранения.

При наличии дефектов и недоделок, препятствующих нормальной эксплуатации земляного полотна, приемка работ запрещается.

К актам приемки работ обычно прилагаются типовые ведомости приемки, разработанные министерствами и ведомствами.