

Электронный архив УГЛТУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С.И. Булдаков
М.В. Савсюк

ТРАНСПОРТ ЛЕСА

Том 1

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЛЕСОВОЗНЫЕ ДОРОГИ

Учебное пособие

Электронное издание

Екатеринбург
2016

УДК 630.375.5 (075.8) + 630.383 (075.8)

ББК 43.904я73 + 39.311я73

Б 90

Рецензенты:

Уральский филиал ОАО «Дорожный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт "ГИПРОДОРНИИ"»

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения»
Г.Л. Аккерман - доктор технических наук, профессор

Булдаков, С.И.

Б 90 Транспорт леса. Том 1. Автомобильные лесовозные дороги: учеб. пособие / С.И. Булдаков, М.В. Савсюк. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. – 97 с. – 6,04 Мб.

ISBN 978-5-94984-566-0

Освещены вопросы проектирования, строительства и эксплуатации лесовозных автомобильных дорог. Приведены обоснования технических условий проектирования автомобильных дорог. Подробно рассмотрены вопросы организации и технологии строительства дорог, выполнения тягово-эксплуатационных расчетов и организации вывозки леса.

Учебное пособие предназначено для обучающихся лесотехнических вузов по направлению 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» профиль «Лесоинженерное дело».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 630.375.5 (075.8) + 630.383 (075.8)

ББК 43.904я73 + 39.311я73

ISBN 978-5-94984-566-0

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2016

© Булдаков С.И., Савсюк М.В., 2016

ВВЕДЕНИЕ

Приоритетным направлением развития лесного комплекса является организация рационального, многоцелевого, непрерывного и неистощительного использования лесов. Такое развитие возможно лишь при создании и освоении конкурентноспособного транспорта нового поколения для вывозки леса (лесовозные автопоезда с повышенной нагрузкой на ось). Именно эти проблемы рассматриваются в учебном пособии «Транспорт леса».

Пособие состоит из двух томов. Том 1 охватывает комплекс вопросов по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных лесовозных дорог. Рассмотрены конструкции земляного полотна и дорожных одежд, характерных для лесовозных дорог, изложены методы расчета нежестких дорожных одежд. Том второй посвящен проблемам вывозки леса современным автотранспортом (автопоездами).

Освоение лесов продолжается на протяжении многих лет. Это привело к тому, что эксплуатируемые сейчас леса удалены на значительные расстояния от предприятий и в большинстве случаев не имеют транспортной доступности.

В настоящее время плотность лесовозных дорог на территории Свердловской области составляет 4 км на тысячу гектар лесной площади. При этом подавляющая доля является бесхозной и эксплуатируется эпизодически, только при освоении прилегающих лесных массивов.

Автомобильные лесовозные дороги являются технологическим элементом лесозаготовительного производства, поэтому эффективность его работы и лесопромышленной отрасли в целом будет определяться степенью развитости сети лесовозных дорог, а это в свою очередь ведет к улучшению транспортно-эксплуатационных качеств уже существующих и строительству новых автомобильных лесовозных дорог.

Учебное пособие разработано в соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», утвержденным Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2015 г. № 1164 и со «Стратегией развития лесопромышленного комплекса Свердловской области на период до 2020 года».

1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

1.1. Классификация автомобильных лесовозных дорог

Автомобильные лесовозные дороги проектируют и сооружают с учетом комплексного их использования для нужд лесного хозяйства и развития инфраструктуры лесного региона. Лесовозные дороги являются технологическим элементом лесозаготовительного производства.

Согласно стандарту (ГОСТ Р 52398-2005) «Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования» [1] и Постановлению Правительства Российской Федерации от 11 апреля 2006 г. «О некоторых вопросах, связанных с классификацией автомобильных дорог в Российской Федерации» установлены новые принципы классификации российских автомобильных дорог. В частности лесовозная транспортная сеть включена в раздел ведомственных и частных автомобильных дорог. Появился новый термин – лесные дороги.

Лесные дороги – это дороги расположенные на землях лесного фонда. Они предназначены для обслуживания потребности лесного хозяйства, обеспечения доступа органов управления лесным хозяйством и лесопользователей к конкретным лесным массивам. Лесные дороги примыкают к дорогам общего пользования, железнодорожным станциям и к нижним складам лесозаготовительных предприятий.

В зависимости от назначения различают лесные дороги:

- лесовозные – для вывозки древесины;
- лесохозяйственные – для обеспечения выполнения лесохозяйственных мероприятий;
- противопожарные – обеспечивающие маневрирование пожарно-технических средств;
- хозяйственные – предназначенные для транспортировки грузов хозяйственного назначения от путей общего пользования до предприятий;
- туристские – для доступа туристов в отдельные районы, на туристские базы, в зоны отдыха, в охотничьи хозяйства;
- другие дороги.

Именно лесовозные дороги имеют наибольшую грузонапряженность, интенсивность движения и, как следствие, наиболее высокие технические характеристики.

В зависимости от срока действия и количества перевозимого груза лесовозные дороги подразделяются по конструкции дорожной одежды, а по назначению – на магистрали, ветки и усы [2].

Лесовозные дороги в зависимости от срока их действия делятся на постоянные (со сроком действия свыше 3 лет) и временные (время действия до 3 лет). К постоянным дорогам относятся магистральные дороги, соединяющие лесной массив с нижним лесным складом, и ветки, примыкающие к магистралям и обеспечивающие освоение лесного массива.

К временным дорогам относятся действующие до 3 лет ветки, лесовозные усы, дороги для обслуживания лесхозов и др.

Согласно своду правил (СП 37.13330.2012 «Промышленный транспорт») [3] автомобильные дороги лесных предприятий создают систему, включающую в себя:

- внутривладосточные автомобильные дороги, расположенные на территории лесных разработок, обеспечивающие технологические и пассажирские перевозки;

- межвладосточные автомобильные дороги, соединяющие между собой обособленные участки и территории, на которых осуществляется заготовка древесины и другие виды хозяйственной деятельности, обеспечивающие наряду с технологическими перевозками транспортирование хозяйственных грузов и пассажиров.

В зависимости от объема перевозок лесовозные дороги подразделяются на четыре категории (табл. 1).

Таблица 1

Классификация лесовозных автомобильных дорог
в зависимости от объема перевозок

Назначение дороги	Расчетный объем перевозок, млн т/год	Категория дороги
Основные автомобильные дороги лесного комплекса	От 0,35 до 0,7	I - л
	От 0,14 до 0,35	II - л
	Менее 0,14	III - л
Вспомогательные автомобильные дороги и дороги с невыраженным грузооборотом	—	IV - л

1.2. Особенности и основные измерители сухопутного транспорта леса

Особенности сухопутного транспорта леса обуславливают:

- распыленность лесного грузопотока на площади;
- неравномерность грузопотока по направлению, длине дороги и времени;
- постоянное увеличение среднего расстояния вывозки по мере вырубki леса с участков, расположенных вблизи нижнего склада;
- собирательный характер грузопотока;
- недостаточная проветриваемость и освещенность дорожной полосы и затрудненная видимость в условиях лесных просек.

Для оценки и сравнения условий работы лесотранспорта, определения эксплуатационных показателей, а также сравнения различных видов лесовозных дорог устанавливаются следующие виды измерителей:

- грузооборот дороги;
- грузовая работа дороги;
- среднее расстояние вывозки;
- коэффициент удлинения трассы.

Грузооборотом дороги называется количество древесины, м³, перевозимое по дороге в единицу времени (в год, квартал, месяц, сутки), (рис. 1):

$$Q = \sum q_n = q_1 + q_2 + q_3 \dots + q_n, \quad (1)$$

где Q – грузооборот дороги;

q_i – объем вывозки древесины с i -го погрузочного пункта.

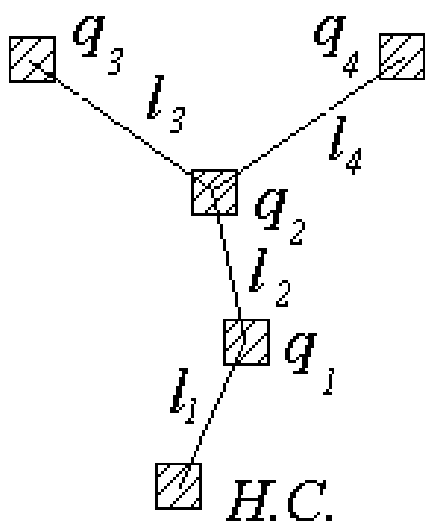


Рис. 1. Схема лесовозной дороги:

Н.С. – нижний склад;

q_1, q_2, q_3, q_4 – объем древесины, подлежащей вывозке с четырех погрузочных пунктов;

l_1, l_2, l_3, l_4 – расстояния между погрузочными пунктами и нижним складом

Грузовой работой называется произведение грузооборота на величину его пробега ($\text{м}^3 \cdot \text{км}$).

При наличии нескольких погрузочных пунктов грузовой работой будет сумма грузовых работ каждого погрузочного пункта:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4, \quad (2)$$

где R – общая грузовая работа всей дороги, $\text{м}^3 \cdot \text{км}$;

R_1 – грузовая работа от первой погрузочной площадки, $\text{м}^3 \cdot \text{км}$;

R_2 – то же второй площадки и т.д.,

при этом

$$R_1 = q_1 L_1 = q_1 l_1;$$

$$R_2 = q_2 L_2 = q_2 (l_1 + l_2);$$

$$R_3 = q_3 L_3 = q_3 (l_1 + l_2 + l_3);$$

$$R_4 = q_4 L_4 = q_4 (l_1 + l_2 + l_3 + l_4),$$

где L_1, L_2, \dots, L_n – соответственная длина пробега груза от погрузочных пунктов до пункта разгрузки;

l_1, l_2, \dots, l_n – длина отдельных участков пути.

Среднее расстояние вывозки (средневзвешенный пробег) показывает, какое расстояние «пробегают» каждый кубометр древесины на данной дороге:

$$L_{\text{ср}} = \frac{R}{Q}, \quad (3)$$

где R – грузовая работа, $\text{м}^3 \cdot \text{км}$;

Q – грузооборот дороги, $\text{м}^3/\text{год}$.

При проектировании транспортной сети на плане предварительно наносят сеть лесовозных дорог без учета рельефа и других препятствий прямыми линиями – по воздушному направлению. Действительная длина дороги получается вследствие обхода местных препятствий (болот, оврагов, сопков и т.п.), поэтому вводят соответствующий коэффициент удлинения трассы:

$$m = \frac{l_{\text{д}}}{l_{\text{в}}}, \quad (4)$$

где m – коэффициент удлинения трассы;

$l_{\text{д}}$ – действительная длина дороги, км;

$l_{\text{в}}$ – длина дороги по воздушному направлению, км.

1.3. Тяговый и прицепной составы, используемые на вывозке леса

Для вывозки лесоматериалов используется автомобильный подвижной состав, который подразделяется на автомобили общего назначения, автомобили тягачи и седельные автомобили-тягачи. На выбор автомобиля для вывозки различных лесоматериалов в виде хлыстов, сортиментов, длина которых колеблется от 3 до 24 м, влияет характер перевозимого груза, технология лесозаготовок и характеристики сети лесовозных автомобильных дорог.

Для вывозки с лесосеки длинномерных лесоматериалов используются лесовозные автомобильные поезда, состоящие из автомобиля-тягача и роспуска (рис. 2) [4]. Роспуском называется автомобильный прицеп для поддержания хлыстов при перевозке.

Роспуск соединяется с лесовозным автомобилем дышлом. На верхнем складе деревья или хлысты грузятся на коники автомобиля и роспуска до нормативной загрузки. Погруженная древесина транспортируется к месту переработки на нижний склад лесозаготовительного предприятия.

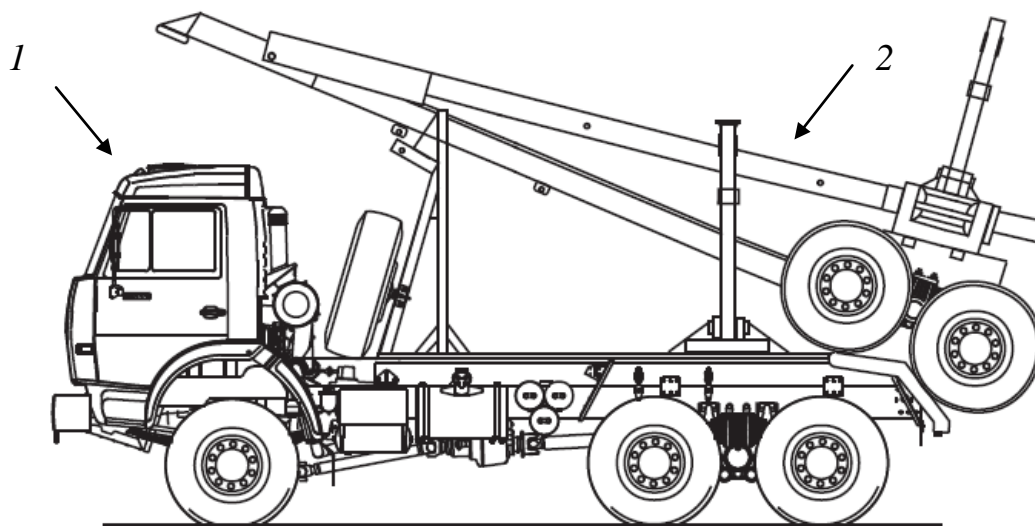


Рис. 2. Автопоезд – лесовоз 693334 (шасси КамАЗ 53228):
1 – автомобиль-тягач; 2 – прицеп-роспуск

Различают основные виды комплектования автопоездов: автомобиль + прицеп-роспуск; автомобиль + полуприцеп; автомобиль + прицеп (рис. 2, 3).

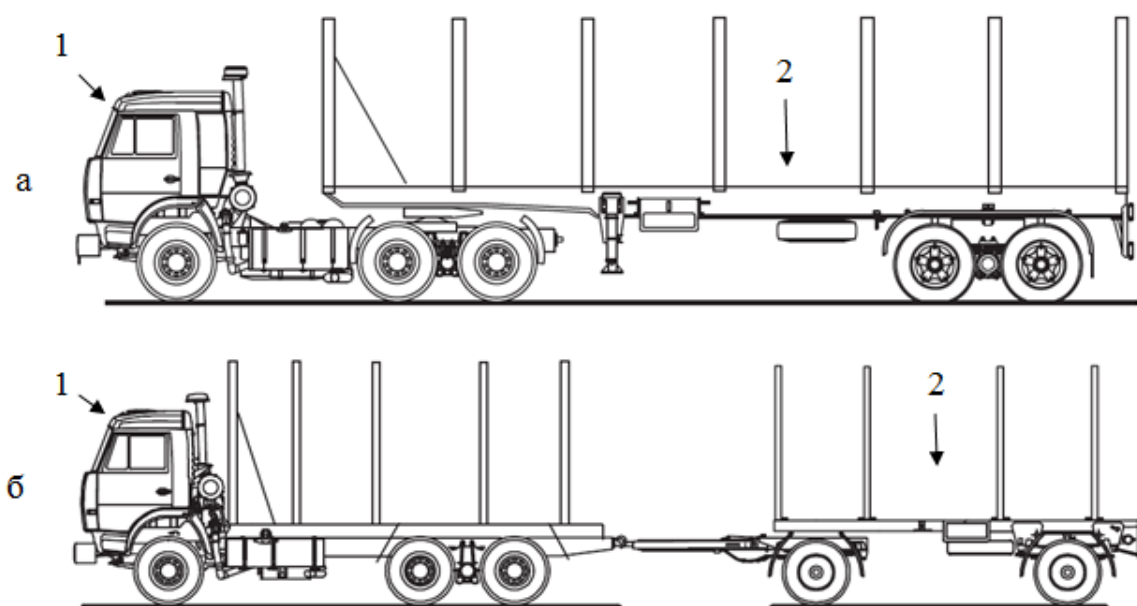


Рис. 3. Лесовозные автопоезда:

а – автопоезд-сортиментовоз 9019-10 (шасси КамАЗ 54115):

1 – автомобиль; 2 – полуприцеп;

б – автопоезд-сортиментовоз 58701-11 (шасси КамАЗ 53215):

1 – автомобиль; 2 – прицеп

При переходе на сортиментную заготовку и вывозку леса возникла необходимость в применении лесовозных автопоездов-сортиментовозов, в состав которых входят прицепы-ропуски, прицепы и полуприцепы с грузовой платформой. Автопоезд представляет собой сочетание тягового модуля на базе отечественного или зарубежного автомобиля с платформой, куда загружаются сортименты. На платформе смонтирован навесной гидроманипулятор, с помощью которого осуществляется погрузка сортиментов на верхнем складе и разгрузка на пункте доставки. Для увеличения объема транспортируемых материалов в состав автопоезда включают прицеп с грузовой платформой.

1.4. Основные элементы, технические характеристики и нормы проектирования лесовозных автомобильных дорог

Автомобильная лесовозная дорога представляет собой комплекс инженерных сооружений, обеспечивающих бесперебойное и безопасное движение автопоездов с расчетными нагрузками и скоростями, и состоит из следующих технических элементов:

- земляного полотна,

- дорожной одежды,
- искусственных сооружений.

Дорога как инженерное сооружение технически характеризуется тремя проекциями: на горизонтальную плоскость – план дороги, на развернутую вертикальную плоскость по оси пути – продольный профиль дороги, и на вертикальную плоскость, перпендикулярную к оси дороги – поперечный профиль дороги.

План, поперечный и продольный профили дороги дают возможность полностью представить устройство дороги как геометрического тела. В связи с относительно небольшими размерами поперечного профиля дороги по отношению к ее длине проекцию дороги на горизонтальную плоскость показывают в виде одной линии – оси дороги. Осью дороги называется линия, проходящая вдоль дороги по ее середине. Расположенная в пространстве ось дороги называется трассой. Трасса представляет собой пространственную линию, имеющую повороты в плане и уклоны на продольном профиле. Положение трассы определяет направление дороги, а сам процесс размещения трассы в пространстве с разметкой на местности называется трассированием.

Условия расположения трассы зависят от типа и категории дорог. Эти условия излагаются в официальных документах, называемых сводом правил [3]. В них приведены классификация лесовозных дорог, нормы и технические условия их проектирования (табл. 2).

Таблица 2

Основные нормы проектирования лесовозных автомобильных дорог

Нормы	Категория дороги			
	I - л	II - л	III - л	IV - л
Расчетная скорость движения автомобиля по автодороге, км/ч:				
внутриплощадочной	50	40	30	20
межплощадочной	70	60	50	30
Ширина проезжей части внутриплощадочных дорог, м:	7,5...15,0	7,0...13,0	4,5...6,5	4,5...6,5
Ширина проезжей части на межплощадочных дорогах, м:	8,0...18,0	7,5...15,0	4,5...7,0	4,5...7,0
Ширина обочин внутриплощадочных дорог, м:	1,5	1,5	1,0	1,0
Ширина обочин межплощадочных дорог, м:	2,0	2,0	1,0	1,0
Количество полос движения	2	2	1	1

Окончание табл. 2

Нормы	Категория дороги			
	I - л	II - л	III - л	IV - л
Продольный уклон дорог, ‰:				
внутриплощадочные	30	30	30	40
межплощадочные	30	30	30	40
Расстояние видимости, м:				
внутриплощадочные:				
поверхности дороги	75	75	75	75
встречного автомобиля	150	150	150	150
межплощадочные:				
поверхности дороги	150	150	150	75
встречного автомобиля	300	300	300	150
Радиусы кривых в плане, м:				
внутриплощадочные	300	300	300	150
межплощадочные	600	600	600	150
Радиусы кривых в продольном профиле, м:				
внутриплощадочные:				
выпуклых	2500	2500	2500	1000
вогнутых	1500	1500	1500	800
межплощадочные				

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Современное лесозаготовительное предприятие представляет собой сложный комплекс путей, производственных зданий, сооружений и оборудования, находящихся в тесной технологической зависимости друг от друга, поэтому проекты таких предприятий должны охватывать все стадии технологического процесса лесозаготовок, а также лесовосстановительных работ.

Проектирование может осуществляться в одну и две стадии. Проектирование лесовозных автомобильных дорог осуществляется, как правило, в одну стадию. Выходным материалом при одностадийном проектировании является рабочий проект.

При проектировании необходимо учитывать и соблюдать требования общегосударственных и ведомственных норм и указаний по проектированию лесовозных автомобильных дорог.

Проекты лесовозных дорог разрабатываются на основе материалов изысканий, выполняемых на месте строительства будущей автомобильной дороги.

В последнее время получили широкое распространение автоматизированные методы и системы проектирования в транспортном деле: расчет транспортных сетей, автоматизированное трассирование, составление продольного профиля и т.д. Наибольшее применение находят программы «Кредо-Диалог» (Минск), ROAD-МАДИ [5].

Специфика системы автоматизированного проектирования (САПР) автомобильных дорог Кредо-Диалог и ROAD-МАДИ обуславливается особенностью самого объекта проектирования – значительной его протяженностью, множеством данных, характеризующих дорогу на разных участках (грунтовые, гидрологические, рельефные и т.д.), что и определяет этапы проектирования: изыскание, подготовка исходной информации, проектирование трассы, искусственных сооружений, продольного профиля, земляного полотна, дорожной одежды; оценки проектных решений; подготовка проектно-сметной документации.

2.1. Изыскания лесовозных автомобильных дорог

Для успешного выполнения изыскательских работ необходимо провести следующие подготовительные работы:

- сбор имеющихся экономических, картографических, инженерно-геологических и гидрологических данных по району изысканий;
- получение в органах лесного хозяйства уточненных данных, характеризующих лесные ресурсы;
- разработку схемы размещения сети лесовозных автомобильных дорог в пределах лесного массива;
- камеральное трассирование лесовозной дороги;
- разработку задания начальником экспедиции, комплектование, оснащение и организацию выхода изыскательской экспедиции на место работы.

Изыскательские работы разделяются на полевые (натурные) и камеральные. В процессе изыскательских работ проводят экономические изыскания для обоснования типа, категории проектируемой дороги, уточняют полученные от лесхозов данные по лесосырью, согласовывают проектируемые мероприятия по обеспечению лесовозобновления, борьбе с лесными пожарами, проводят лесотранспортные изыскания, топографические и инженерно-геологические съемки трассы и карьеров, мест перехода через водотоки, гидрометрические

наблюдения и гидрографические съемки рек в районе приречных нижних складов.

Лесотранспортные изыскания: прогрессивным методом лесотранспортных изысканий является крупномасштабная аэрокосмическая съемка, обеспечивающая возможность камеральной трассировки лесовозной дороги по картам в горизонталях, и разработку технического проекта лесовозной дороги без производства натуральных съемок.

В этом случае широко используются методы предварительного камерального трассирования лесовозных дорог по имеющимся картам в горизонталях или аэрофотоснимкам, что резко сокращает сроки проведения изысканий и повышает их качество.

Изыскания трассы новой дороги при этом заменяют переносом камерально запроектированной трассы в натуру с внесением необходимых улучшений на основе учета местных особенностей рельефа, расположения древостоев и других факторов, не учтенных при камеральном трассировании.

При отсутствии соответствующих картографических материалов или данных аэрофотосъемки проводят изыскания лесовозной дороги в натуре, выполняя предварительные рекогносцировки местности, прокладку на трудных участках нескольких вариантов трассы.

2.1.1. Принципы трассирования и основные схемы размещения лесовозных дорог

При прокладке трассы большое значение имеют типы рельефа местности. Чем сложнее рельеф местности, тем труднее правильная укладка трассы.

При установлении типа рельефа местности следует пользоваться следующей классификацией:

- равнинный рельеф характеризуется наличием равнинных пространств, долин рек с пологими склонами и широкими спокойными водоразделами, наибольшие колебания отметок не более 30 м на 1 км;

- пересеченный рельеф характеризуется наличием большого количества холмов, выраженных водоразделов и долин рек с уклоном поверхности до 200 ‰, при общей разнице отметок более 30 м на 1 км хода не более 200 м;

- горный рельеф характеризуется наличием разветвленной сети глубоких долин, ущелий и горных хребтов.

Направление магистрали лесовозной дороги следует выбирать по линии, делящей лесной массив примерно на две равные по запасам древесины части, имеющей кратчайшее направление к пункту примыкания. В условиях равнинной местности, позволяющей прокладывать дороги в желаемом направлении, на участках с равномерным размещением запаса леса общее направление веток рекомендуется принимать под углом $50-60^{\circ}$ к общему направлению магистрали на соответствующем участке лесного массива. Усы при сплошных рубках рекомендуется размещать под углом к общему направлению веток, близким к прямому.

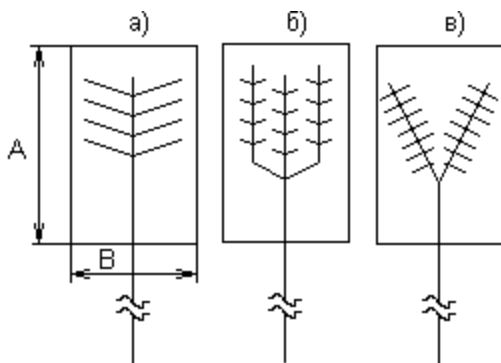


Рис. 4. Принципиальные схемы размещения лесовозных дорог:

а – в простую елочку;

б – вильчатого типа;

в – с раздвоенной магистралью

На рис. 4 представлены основные схемы размещения лесовозных дорог.

В «Концепции сырьевого обеспечения развития российского лесопромышленного комплекса на период 2008-2020 гг.» (2008 г), сформулированной С.В. Починковым, изложены требования к развитию лесотранспортной сети [2]. Среднегодовую потребность в строительстве лесовозных веток для поддержания заготовки и вывозки древесины на уровне экономически доступного размера пользования лесом предлагается определять по формуле

$$x_B = K_B \frac{H}{q}, \quad (5)$$

где H – размер неистощительного экономически доступного пользования лесом, тыс. m^3 ;

q – удельный запас экономически доступных ресурсов на 1 га лесной площади, $m^3/га$;

K_B – коэффициент, определяемый по формуле

$$K_B = \frac{10k_p}{\alpha l_B k_{\text{конц}}},$$

где k_p – коэффициент развития дорожной трассы;

α – коэффициент, учитывающий часть доходных запасов древесины, временно оставляемых у построенных участках лесовозных веток по условию примыкания лесосек;

l_B – среднее расстояние между лесовозными ветками, км;

$k_{\text{конц}}$ – коэффициент концентрации экономически доступных ресурсов (определяется экспертно по карте размещения доходных насаждений на территории лесничества).

Среднегодовая потребность в строительстве лесовозных магистралей для поддержания заготовки и вывозки древесины на уровне размера неистощительного экономически доступного пользования лесом определяется по формуле

$$x_M = K_M x_B, \quad (6)$$

где K_M – коэффициент, определяемый по формуле

$$K_M = k_p \frac{l_B}{l_M},$$

где l_M – среднее расстояние между магистралями, км.

2.1.2. Камеральное трассирование

Трассирование на топографической карте ведут от нижнего склада. Сначала следует обосновать основное направление веток и прикрытие их к магистрали.

При обосновании направления и местоположения магистрали и веток необходимо стремиться, чтобы их длины были по возможности наименьшими, а основная часть грузопотока приходилась на магистраль.

Далее выявляются контурные препятствия, которые необходимо обойти при трассировании, устанавливают фиксированные точки заведомо целесообразного прохождения трассы (удобные места перехода через водотоки, углы поворота и т.д.); уточняют основные технические нормы проектирования и делают укладку трассы. Последнюю начинают с наиболее трудных участков «стесненного хода». Допускаемый уклон трассирования будет при расстоянии между горизонталями

$$l = \frac{10^6 h}{M i_{\text{тр}}}, \quad (7)$$

где h – высота сечения рельефа горизонтали, м;

M – знаменатель масштаба карты;

$i_{\text{тр}}$ – уклон трассирования, ‰.

Далее необходимо произвести укладку трассы в плане. Укладка заключается в том, чтобы вписать в углах поворота круговые кривые (а при необходимости и переходные кривые); вычислить пикетажное положение основных точек закругления и перенести их на план [6].

Последовательность укладки трассы следующая:

- уточняем предварительно намеченное положение вершин углов поворота трассы и соединяем вершины прямыми линиями. Длину последних измеряем масштабной линейкой с точностью до 0,2 мм, а углы поворота – транспортиром с точностью до 15°;

- вписываем на поворотах трассы круговые кривые по возможности больших радиусов;

- выписываем из таблиц разбивки кривых [7] значения элементов круговых кривых в зависимости от радиуса и угла поворота ϕ : тангенс (Т), длину кривой (К), домер (Д), биссектрису (Б), и вносим их в табл. 3;

- вычисляем пикетажное положение основных точек закруглений, результаты записываем в табл. 3:

$$\text{НКК}_i = \text{ВУП}_i - \text{T}_i,$$

где НКК_i – начало i -й круговой кривой, м,

ВУП_i – вершина i -го угла поворота, м,

T_i – тангенс i -го угла поворота, м.

$$\text{ККК}_i = \text{НКК}_i + \text{K}_i,$$

где ККК_i – конец i -й круговой кривой, м,

K_i – длина кривой i -го угла поворота, м.

$$\text{СКК}_i = \text{НКК}_i + \text{K}_i/2 \text{ или } \text{СКК}_i = \text{ККК}_i - \text{K}_i/2,$$

где СКК_i – середина i -й круговой кривой, м.

- определяем длину прямых вставок (Р). Длина первой вставки равна расстоянию от начала трассы (НТ) до начала первой круговой кривой (НКК_1):

$$\text{P}_1 = \text{НКК}_1 - \text{НТ}.$$

Длина каждой последующей прямой вставки определяется как разность между началом последующей кривой и концом предыдущей:

$$\text{P} = \text{НКК}_{i+1} - \text{ККК}_i.$$

- вычисляем расстояние между вершинами углов поворота:

$$\text{S}_1 = \text{ВУП}_1,$$

$$\text{S}_i = \text{ВУП}_i - \text{ВУП}_{i-1} + \text{D}_{i-1},$$

$$S_n = КТ - ВУП_n + D_n,$$

где S_1 – расстояние от начала трассы до первого угла поворота, м;

S_i – расстояние между вершинами i и i_{-1} углов поворота, м;

S_n – расстояние от последнего угла поворота до конца трассы, м;

КТ – конец трассы, м;

Д – домер, м.

По окончании вычислений делаем проверку длины трассы по формулам:

$$L_{тр} = \sum_{i=1}^n P + \sum_{i=1}^n K;$$

$$L_{тр} = \sum_{i=1}^n S - \sum_{i=1}^n D.$$

Таблица 3

Укладка трассы

№ углов поворота	Положение вершины угла ПК+	Угол поворота, град		Радиус R, м	Элементы круговой кривой, м				Местоположение точек закругления		Расстояние между вершинами, м	Прямая вставка, м	Румб линий, град
		лево	право		Т	К	Б	Д	начало ПК+	конец ПК +			

2.2. Проектирование продольного профиля автомобильных дорог

Продольный профиль автомобильной дороги – это проекция оси дороги на вертикальную плоскость, развернутая в плоскости чертежа. На этом чертеже должны быть представлены информация о местности и проектные решения, от которых зависят как объемы предстоящих строительных работ, так и транспортно-эксплуатационное качество дороги.

Для вычерчивания продольного профиля дороги принимают масштабы: вертикальный 1:500; горизонтальный 1:5000. Сетку продольного профиля рекомендуется вычерчивать так, чтобы вертикальная линия штампа сетки справа и верхняя горизонтальная линия совпали с жирными линиями миллиметровки. После вычерчивания сетки (рис. 5) вписывают фактические данные в соответствующие графы.

		Тип местности по увлажнению		5
Проектные данные	Тип поперечного профиля	слева	5	5
		справа	5	5
	левый кювет	Укрепление	5	5
		Уклон, ‰, длина, м	10	5
		Отметка дна, м	15	5
	правый кювет	Укрепление	5	5
		Уклон, ‰, длина, м	10	5
		Отметка дна, м	15	5
	Уклон, ‰, вертикальная кривая, м		10	5
	Отметка оси дороги, м		15	5
Фактические данные	Отметка земли, м		15	
	Расстояние, м		10	
Пикет Элементы плана Километры		20		
				145
10	25	20	20	75

Рис. 5. Штамп сетки продольного профиля (по ГОСТ Р 21.1701-97)

«Тип местности по увлажнению» устанавливают, руководствуясь топографией местности (по карте), наличием заболоченных участков, линиями водоразделов, уклонами и другими признаками [6].

По степени увлажнения принята следующая классификация:

1-й тип местности – сухие участки; поверхностный сток обеспечен; уклоны более 10 ‰;

2-й тип местности – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года (менее 30 суток), стоящие воды, поверхностный сток не обеспечен, уклоны менее 10 ‰;

3-й тип местности – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением; длительно (более 30 суток) стоящие воды, поверхностный сток не обеспечен; признаки заболачивания и болота.

При вычерчивании продольного профиля «черные» (рабочие) отметки (Н) снимают с карты в горизонталях методом интерполяции (рис. 6) либо методом экстраполяции, если точка расположена внутри замкнутой горизонтали (рис. 7):

$$X = H \pm \frac{a\Delta}{l},$$

где X – отметка земли в точке ПК 1;
 H – отметка горизонтали, м;
 a – расстояние от искомой точки до горизонтали, м;
 l – кратчайшее расстояние между горизонталями, проходящее через искомую точку (метод интерполяции) и расстояние от искомой точки до последующей горизонтали по оси трассы (метод экстраполяции).

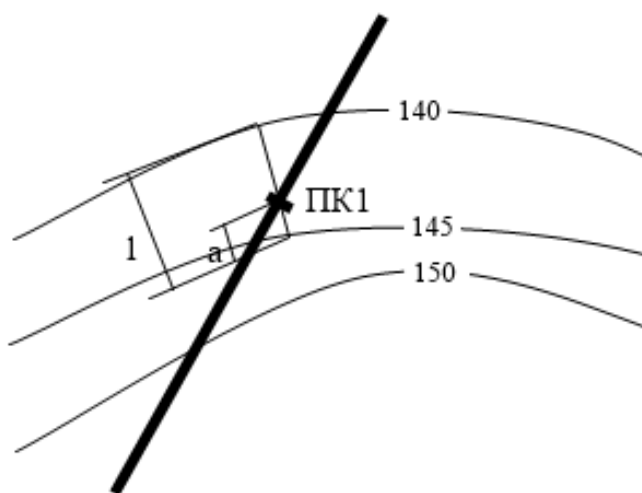


Рис. 6. Определение высотных отметок методом интерполяции: ПК1 – пикет 1; 140, 145, 150 – высоты горизонталей, м; a – расстояние по наикратчайшему расстоянию от близлежащей горизонтали до ПК1; l – наикратчайшее расстояние между горизонталями

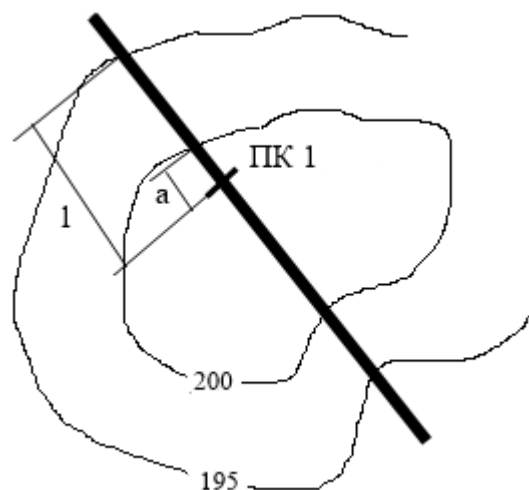


Рис. 7. Определение высотных отметок методом экстраполяции

После «наколки» черного профиля приступают к проектированию «красной» линии продольного профиля дороги (рис. 8).

Наименьшее возвышение низа дорожной одежды над поверхностью земли (высота насыпи) и другие элементы проектной линии принимаются по техническим указаниям для заданных условий (типа грунта, климатической зоны района строительства дорог и т.д.) (табл. 4).

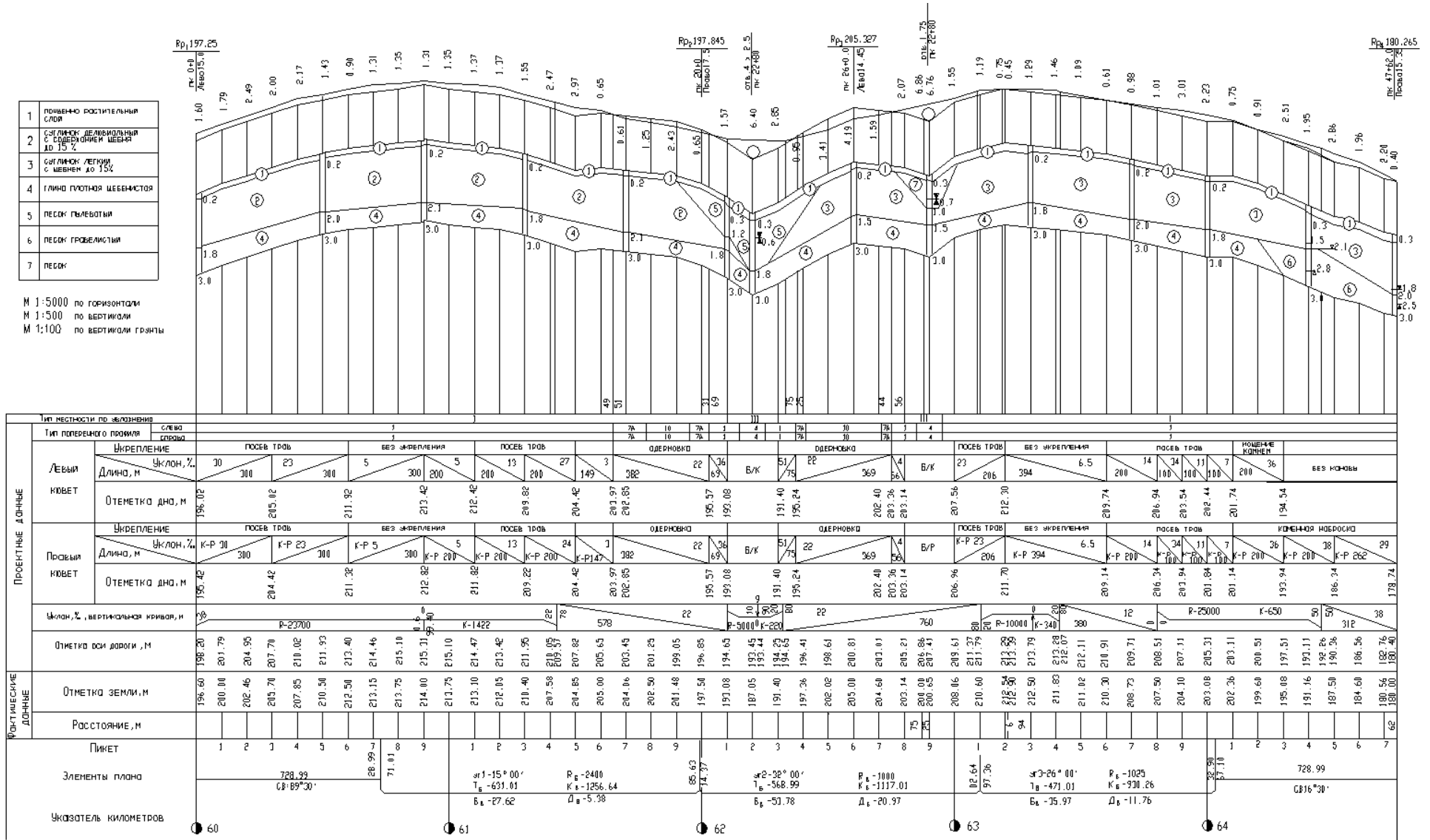


Рис. 8. Продольный профиль автомобильной дороги

Таблица 4

Минимальное возвышение низа дорожной одежды

Грунт рабочего слоя	Наименьшее возвышение поверхности покрытия, м, в пределах дорожно-климатических зон			
	II	III	IV	V
Песок мелкий, супесь легкая крупная, супесь легкая	<u>1.1</u> 0.9	<u>0.9</u> 0.7	<u>0.75</u> 0.55	<u>0.5</u> 0.3
Песок пылеватый, супесь пылеватая	<u>1.5</u> 1.2	<u>1.2</u> 1.0	<u>1.1</u> 0.8	<u>0.8</u> 0.5
Суглинок легкий, суглинок тяжелый, глины	<u>2.2</u> 1.6	<u>1.8</u> 1.4	<u>1.5</u> 1.1	<u>1.1</u> 0.8
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый, суглинок тяжелый пылеватый	<u>2.4</u> 1.8	<u>2.1</u> 1.5	<u>1.8</u> 1.3	<u>1.2</u> 0.8

Примечание. Над чертой – возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 сут.) стоящих поверхностных вод, под чертой – то же, над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут.) стоящих поверхностных вод.

При проектировании продольного профиля необходимо учитывать следующее:

- допускается наносить проектную линию в виде «секущей», т.е. чередуя переходы проектной линии через нулевую отметку только на тех участках, где уклон поверхности земли больше допустимого;
- следует избегать резких переходов проектной линии от одних уклонов к другим (чтобы обеспечить благоприятный режим движения);
- горизонтальные площадки проектируют только в местах укладки труб и в горной местности на участках дороги с затяжными продольными уклонами более 60 ‰, длина площадки (для остановки автомобилей) должна быть не менее 50 м;
- величина максимального спуска в грузовом направлении не должна превышать величину руководящего подъема более чем на 20 ‰ (на дорогах всех категорий);
- трубы под насыпями допускается располагать при любых сочетаниях плана и профиля дороги; трубы с отверстием 0,5 и 0,75 м допускается назначать только при длине трубы менее 15 м;

- перелом проектной линии над трубой допускается при условии смягчения его вогнутой вертикальной кривой; толщина засыпки над трубой должна быть не менее 0,5 м, считая от верха трубы до бровки насыпи;

- типовые трубы могут назначаться без расчета, если нет явно выраженного водотока и вода из резерва (кювета) отводится в пониженные места (ложбины) не реже, чем через 400-500 м; при больших притоках воды отверстие трубы определяют в зависимости от расчетных расходов воды.

При проектировании вертикальных кривых необходимо провести обоснование выбора радиусов вертикальных кривых.

Минимальная величина радиусов кривых определяется по формулам

для выпуклых

$$R_{\min} = 0,5S_B^2/d, \quad (8)$$

вогнутых

$$R_{\min} = V_p^2/a_{\text{доп}}, \quad (9)$$

где S_B^2 – расчетная видимость, м;

d – высота, на которой расположены глаза водителя над поверхностью дороги, м;

V_p – расчетная скорость, м/с;

$a_{\text{доп}}$ – допускаемая величина центробежного ускорения ($a_{\text{доп}} = 0,5$ м/с).

Для проектирования вертикальных кривых используют прозрачные лекала – шаблоны, изготовленные в масштабе продольного профиля.

При подборе положения проектной линии шаблоны можно перемещать относительно линии поверхности земли вверх, вниз, вправо, влево. Но при этом оси шаблона (горизонтальная и вертикальная линии) должны оставаться строго параллельными линиям миллиметровой бумаги.

При проектировании продольного профиля дороги одновременно ведут подсчеты величин проектных отметок, относящихся к бровке законченного земляного полотна, определяют рабочие отметки, места перехода насыпи в выемки и т.п. и заполняют графы сетки чертежа.

При определении местоположения точки перехода насыпи в выемку пользуются формулой

$$x = \frac{H_1}{H_1 + H_2} l,$$

где H_1 и H_2 – смежные рабочие отметки выемки и насыпи;
 l – расстояние между смежными рабочими отметками.

Характеристика запроектированного продольного профиля должна содержать следующие данные:

- длина участка дороги, км;
- длина подъемов в грузовом направлении, км;
- длина спусков, км;
- длина площадок, км;
- руководящий подъем, ‰;
- максимальный спуск в грузовом направлении, ‰;
- протяжение участков с предельными уклонами, км;
- средний уклон, ± ‰;
- шаг проектирования, м;
- радиусы вертикальных кривых: выпуклых – максимальные, минимальные, средние; вогнутых – те же значения;
- покилометровый объем земляных работ, м³: насыпей, выемок, итого.

Грунтовый профиль составляется согласно принятым данным о размещении пластов грунтов.

2.2.1. Вертикальные кривые и обеспечение видимости в продольном профиле

Выпуклые переломы продольного профиля могут быть серьезным препятствием видимости (рис. 9). Кроме того, резко выраженные переломы профиля (выпуклые и вогнутые) нарушают плавность движения и вызывают появление ударных нагрузок на дорожную одежду. Поэтому на переломах продольного профиля предусматривают устройство вертикальных кривых.

Видимость на выпуклом переломе профиля (рис. 9, б) без устройства вертикальной кривой будет обеспечена, если

$$\operatorname{tg}\omega \leq \frac{d}{S_B},$$

где d – высота, на которой расположены глаз водителя над поверхностью дороги ($d = 2$ м);

S_B – расчетная видимость, м.

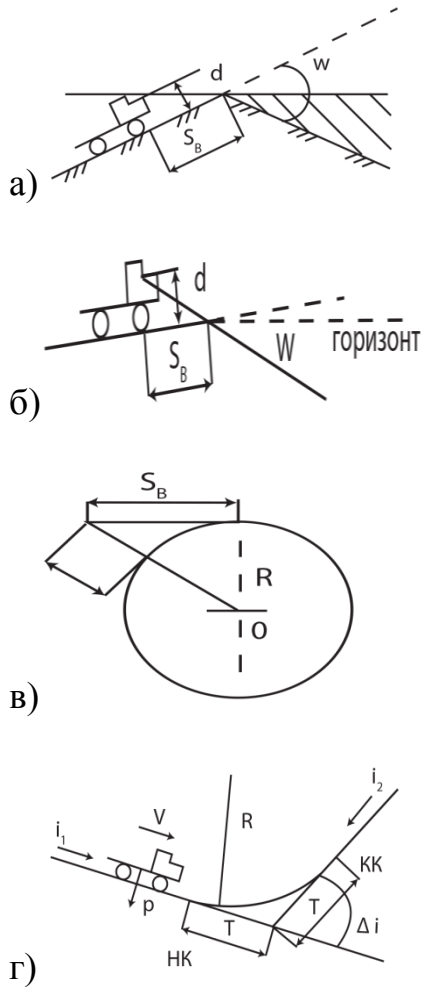


Рис. 9. Вертикальные кривые:
 а – видимость на переломе профиля не обеспечена;
 б – видимость на переломе обеспечена;
 в – схема к определению минимального радиуса выпуклой кривой;
 г – расчетная схема для определения минимального радиуса вогнутой кривой

Величину минимального радиуса вертикальной кривой, при которой видимость обеспечивается, можно найти из равенства (рис. 9, в)

$$S_b^2 + R^2 = (d + R)^2,$$

откуда

$$R_{\min}^{\text{вып}} = (S_b^2 - d^2)/2d \approx \frac{S_b^2}{2d}. \quad (10)$$

На вогнутых переломах видимость дороги обеспечена, но при переходе с одного элемента профиля на другой возникают толчки, которые могут вызвать перегрузку, а в некоторых случаях и поломку рессор автомобиля (рис. 9, г). Для предотвращения этих явлений вогнутые переломы также смягчают путем устройства вогнутых вертикальных кривых. Минимальный радиус вогнутой кривой устанавливают, исходя из продольного значения центробежной силы, допустимой по условию перегрузки рессор, то есть должно соблюдаться следующее условие:

$$c < ma_{\text{доп}} \quad \text{или} \quad \frac{mV_p^2}{R} < ma_{\text{доп}}, \quad (11)$$

где c – центробежная сила;

m – масса автомобиля;

$a_{\text{доп}}$ – допускаемое значение центробежного ускорения, равное 0,5 м/с²;

R – радиус вогнутой вертикальной кривой, м;

V_p – расчетная скорость движения, м/с.

Исходя из неравенства (11) можно определить R_{min} вогнутой кривой

$$R_{\text{min}} = \frac{V_p^2}{a_{\text{доп}}} \cong 2V_p^2, \quad (12)$$

2.2.2. Шаг проектирования

Минимальное расстояние между переломами продольного профиля принято называть шагом проектирования и определяется необходимостью обеспечить размещение вертикальных кривых.

Для определения шага проектирования (рис. 10)

$$l_{\text{шаг}} > T_1 + T_2 = R_1 \frac{i_1 + i_2}{2000} + R_2 \frac{i_2 + i_3}{2000}, \quad (13)$$

где T_1 и T_2 – тангенсы угла 1 и 2, соответственно.

В самом неблагоприятном случае $i_1 = i_3 = i_p$ и $i_2 = i_{\text{max}}$ (максимальному спуску); тогда

$$l_{\text{шаг}} = (R_1 + R_2) \frac{i_p + i_{\text{max}}}{2000}. \quad (14)$$

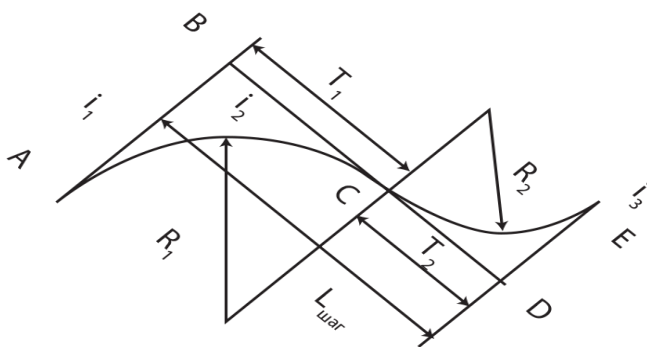


Рис. 10. Схема к определению длины шага проектирования продольного профиля

Согласно, своду правил [3] для автомобильных лесовозных дорог минимальный шаг проектирования должен быть не менее 50 м на магистралях и 20...30 м на ветках и усах.

2.3. Проектирование плана лесовозных автомобильных дорог

Трасса дороги состоит из прямых и кривых участков (рис. 11). Движение автопоездов на кривых участках имеет свои специфические особенности, которые состоят в следующем: все колеса автопоезда движутся по дугам окружности разных радиусов, вследствие чего он занимает на кривой большую ширину проезжей части, чем на прямом участке; на него действует центробежная сила, стремящаяся сдвинуть автопоезд или опрокинуть его внешнюю сторону кривой; процесс движения автопоезда на кривой складывается из въезда на кривую, движения по кривой и съезда с кривой.

Учитывая указанные особенности движения автопоездов на кривых малых радиусов, при проектировании автомобильных лесовозных дорог необходимо предусмотреть: устройство виражей для предотвращения поперечного скольжения или опрокидывания подвижного состава; уширение проезжей части и земляного полотна дорог; устройство переходных кривых для более плавного сопряжения кривых участков пути с прямыми; уменьшение предельных уклонов при совпадении их с кривыми малых радиусов.

2.3.1. Движение автомобиля по кривой

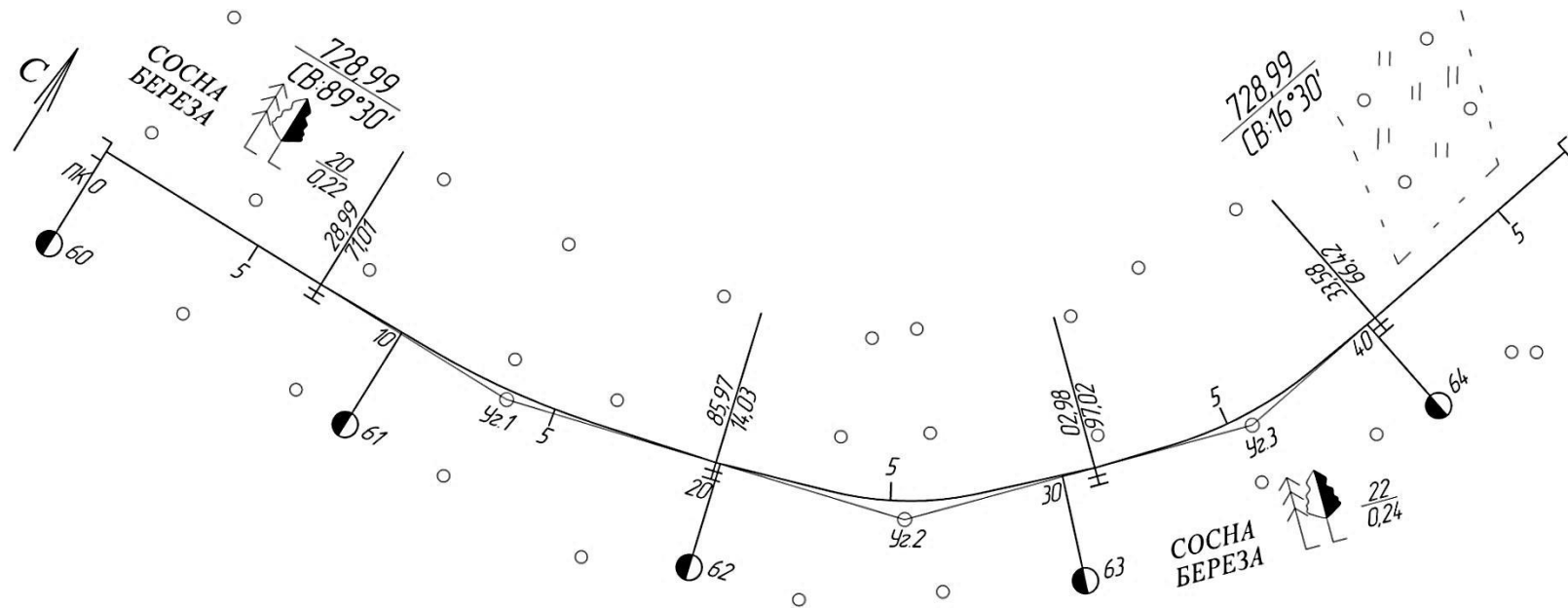
На криволинейных участках дороги условия движения автомобиля ухудшаются. При переходе на кривую автомобиль подвергается действию боковой центробежной силы. При этом на устойчивость и безопасность движения автомобиля с малым радиусом кривой неблагоприятное действие центробежной силы проявляется сильнее.

Рассмотрим условия обеспечения устойчивости автомобиля, движущегося по криволинейному в плане участку дороги и подвергающегося воздействию центробежной силы, которая стремится сдвинуть или опрокинуть его в направлении внешней стороны кривой (рис. 12).

Для безопасности движения необходимо, чтобы центробежная сила не вызывала бокового скольжения автомобиля.

Обозначив массу автомобиля Q , его расчетную скорость V_p , радиус кривой R и центробежную силу C , получим

$$C = \frac{QV_p^2}{gR} . \quad (15)$$



№ угла поворота	Положение вершины угла ПК+	Угол поворота, град		Радиус R, м	Элементы круговой кривой, м					Местоположение точек закругления		Расстояние между вершинами, м	Прямая вставка, м	Румб линий, град
		лево	право		L	Tn	Kn	Bn	Дn	Начало ПК+	Конец ПК+			
Н.Тр.	0 + 00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1360,00	728,99	СВ:89°30'
Уз.1	13 + 60,00	15°00'	—	2400,65	628,49	631,01	1256,98	27,63	5,04	7 + 28,99	19 + 85,97	1200,00	0	СВ:74°30'
Уз.2	25 + 54,96	32°00'	—	1000,00	558,51	568,99	1117,01	53,78	20,97	19 + 85,97	31 + 02,98	1040,00	0	СВ:42°30'
Уз.3	35 + 73,99	26°00'	—	1025,38	455,30	471,01	930,60	35,98	11,42	31 + 02,98	40 + 33,58	1200,00	728,99	СВ:16°30'
К.Тр.	47 + 62,57	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

Рис. 11. План трассы с закруглениями из переходных симметричных биклотоид

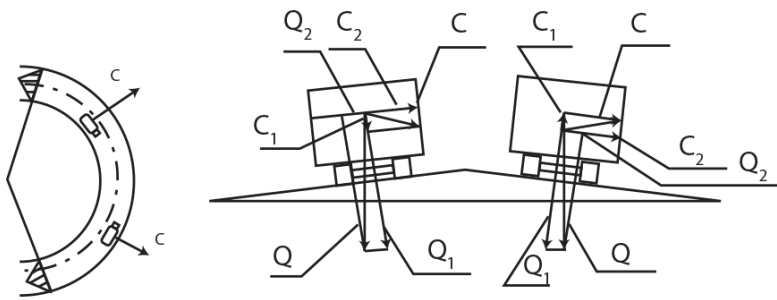


Рис. 12. Силы, действующие на автомобиль, движущийся по кривой

Разложим массу автомобиля Q на две составляющие: перпендикулярную поверхности проезжей части $Q \cdot \cos \alpha$ и параллельную к поверхности проезжей части $Q \cdot \sin \alpha$. Как видно из рис. 9, последняя составляющая при двускатной

проезжей части направлена внутрь кривой – при движении автомобиля по внутренней полосе и во внешнюю сторону кривой – при движении по внешней полосе дороги. Разложим центробежную силу также на составляющие: перпендикулярную к поверхности проезжей части $C \cdot \sin \alpha$ и параллельную ей – $C \cdot \cos \alpha$. Проектируя все полученные силы на поверхность дороги, получим величину поперечной силы, сдвигающей автомобиль:

$$Y = C \cos \alpha \pm Q \sin \alpha . \quad (16)$$

Так как значение α невелико, $\cos \alpha \approx 1$ и $\sin \alpha \approx i_n$, где i_n – поперечный уклон дороги, тогда

$$Y = \frac{QV_p^2}{gR} \pm Qi_n . \quad (17)$$

В результате действия поперечной силы Y при боковом перемещении шин по поверхности дороги возникает сила трения T . Величина силы T равна произведению суммы сил, направленных перпендикулярно к поверхности дороги, на коэффициент бокового сцепления φ_2 :

$$T = (Q \cos \alpha + \frac{QV_p^2}{gR} \sin \alpha) \varphi_2 . \quad (18)$$

Устойчивость автомобиля против бокового сдвига будет обеспечена в том случае, если $Y \leq T$:

$$Y = (Q + \frac{QV_p^2}{gR} i_n) \varphi_2 . \quad (19)$$

Отношение поперечной силы Y к весу автомобиля называют коэффициентом поперечной силы M :

$$M = \frac{Y}{T} = \frac{V_p^2}{gR} \pm i_n. \quad (20)$$

Решив это уравнение относительно R , получим величину радиуса, обеспечивающего устойчивость автомобиля в зависимости от коэффициента поперечной силы μ и скорости движения V_p , выраженной в м/с;

$$R_{\min} \geq \frac{V_p^2}{g(\mu \pm i_n)}. \quad (21)$$

Расчетные скорости движения автомобилей для проектирования элементов дороги принимаются согласно табл. 2.

2.3.2. Минимальные радиусы кривых и применение виража

Назначение кривых малых радиусов допустимо лишь в стесненных условиях, когда иное решение невозможно или вызывает большие объемы земляных работ. Рекомендуется применение на магистралях радиусов кривых в плане не менее 600 м. При этом отпадает необходимость в устройстве виражей, переходных кривых. В трудных условиях допускается применение радиусов, указанных в табл. 2. На ветках рекомендуется применять $R > 150$ м.

Применение больших радиусов кривых в плане выгодно еще и потому, что это ведет к уменьшению длины дороги, а следовательно, и расстояния вывозки.

В целях обеспечения безопасности движения при кривых с радиусами 600 м и менее устраивают виражи – односкатные поперечные профили с уклоном к центру кривой (рис. 13).

Поперечный уклон покрытия i_n на вираже определяется из формулы:

$$i_n = \frac{V_p^2}{gR - \mu}. \quad (22)$$

Величина поперечного уклона принимается не менее уклона покрытия на прямой и не более 60 ‰ (в районах с частым гололедом 40 ‰) с соответствующим увеличением радиуса кривой или обоснованием в проекте ограничения скорости движения. Односкатный

профиль устраивают на всем протяжении кривой, описанной радиусом R_{\min} .

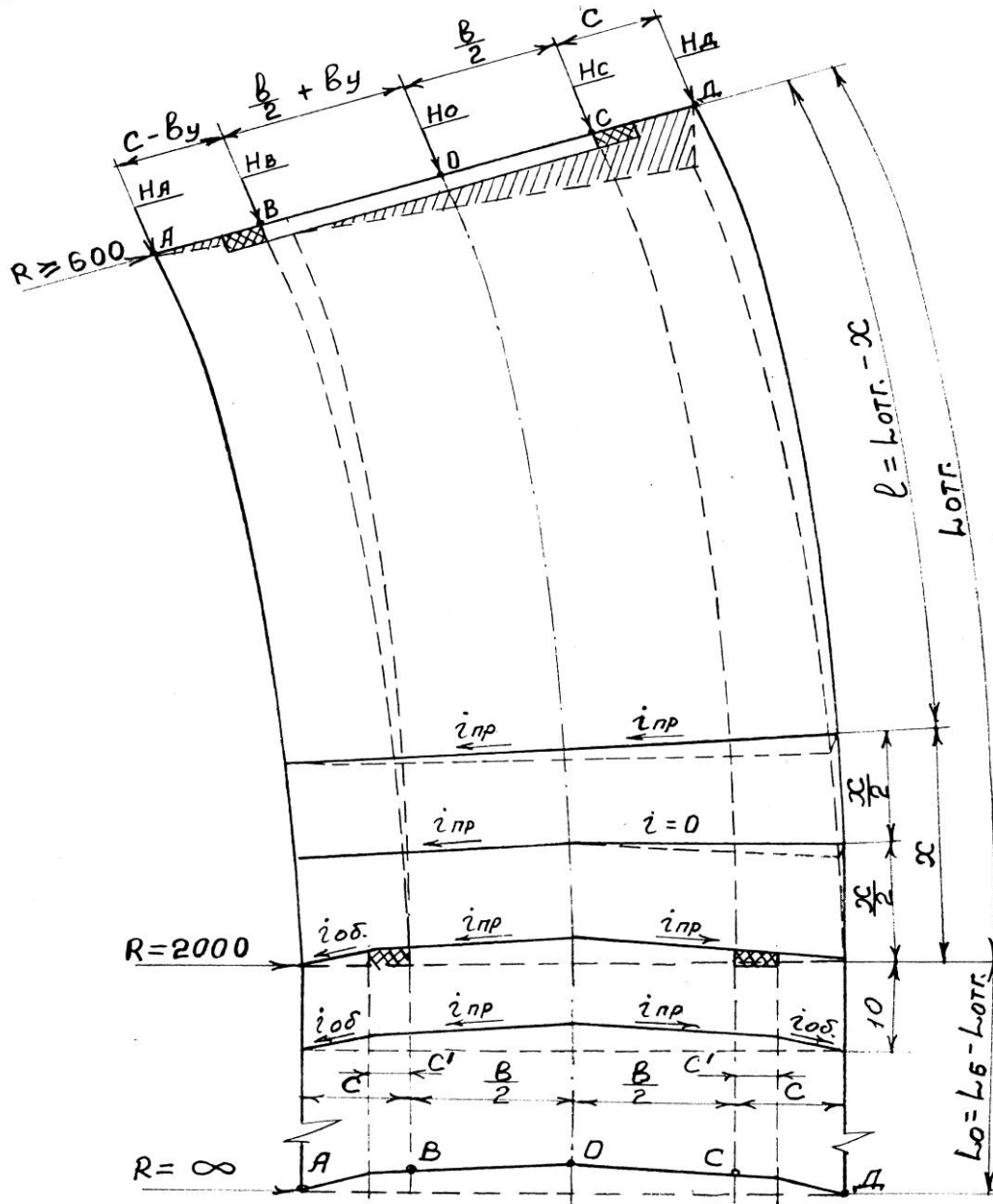


Рис. 13. Схема отгона виража на клотоиде:

- $O-O$ – ось проезжей части дороги;
- $A-A$ – внутренняя бровка земляного полотна;
- $B-B$ – внутренняя кромка проезжей части;
- $C-C$ – внешняя кромка проезжей части;
- $D-D$ – внешняя бровка земляного полотна

На подходах к этой кривой проектируют отгон виража – постепенный плавный переход от двускатного поперечного профиля к однокатному (рис. 13).

При переходе от двускатного поперечного профиля к односкатному возникает дополнительный продольный уклон внешней половины проезжей части в связи с постепенным подъемом ее внешней кромки и бровки земляного полотна. Такой уклон называется уклоном отгона и выражается $i_{от}$, величину которого принимают равной 10 ‰, а в горной местности 20 ‰.

Обочинам придается на вираже уклон, одинаковый с уклоном проезжей части. Поперечный уклон обочин изменяют до начала отгона виража на участке длиной 10 м.

2.3.3. Обеспечение видимости в плане

Для обеспечения безопасности движения водитель должен видеть дорогу перед собой на определенном расстоянии АВ (рис. 14) с тем, чтобы иметь возможность своевременно остановить автомобиль или объехать препятствие. Причем расстояние от А до В по траектории движения должно равняться установленному для данной категории дороги расстоянию видимости S_B .

Принимая для упрощения расчета длину хорды АВ равной расстоянию видимости S_B , ширину расчистки на середине кривой Z можно найти из рис. 14:

$$\frac{S_B^2}{4} = (2R - Z)Z, \text{ откуда } Z = R - \sqrt{R^2 - 0,25S_B^2} \cong \frac{S_B^2}{8R}. \quad (23)$$

Величина Z является максимальной и относится к середине кривой. В общих случаях расстояние видимости определяется из условий:

$$S_B = S_{\pi} + S_t + S_3, \quad (24)$$

где S_B – путь, пройденный в период времени реакции водителя на препятствие, м.

$$S_{\pi} = t_{\pi} \cdot V_p,$$

где S_{π} – запасное расстояние, м;

t_{π} – время реакции водителя на препятствие, с ;

V_p – расчетная скорость движения, м/с;

Длину действительного тормозного пути определяют:

$$S_t = \frac{500V_p K_t}{b + w_0 - ig}, \quad (25)$$

где K_t – коэффициент, учитывающий исправность тормозов; принимается $K_t = 1,4$;
 b – удельная тормозная сила, Н/т;
 ω_0 – удельное основное сопротивление движению, Н/т;
 i – величина спуска на участке дороги, ‰.
 S_3 – запасное расстояние; принимается 10...15 м.

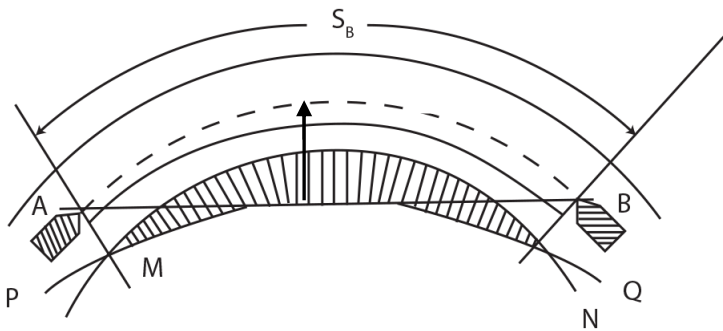


Рис. 14. Расчетная схема для определения видимости на кривой в плане

В тех случаях, когда по условиям местности применение перечисленных расстояний видимости вызывает увеличение объемов работ и стоимости строительства, допускается применение расчетных расстояний видимости, приведенных в табл. 2.

2.4. Принцип проектирования земляного полотна

2.4.1. Дорожно-строительные свойства грунтов

Земляное полотно устраивают исходя из требований сохранности его геометрической формы, прочности и устойчивости независимо от погодных условий и времени года.

Грунт, используемый для возведения земляного полотна, представляет сложную, динамически изменяющуюся дисперсную систему, в которую обычно входят три компонента: грунт, вода и воздух, заполняющий свободные от воды поры между отдельными минеральными частицами грунта.

Важными показателями физико-механических свойств грунтов являются их связанность, влажность и плотность. Связанность грунта характеризуется его сопротивлением растягивающим напряжениям в определенном интервале влажности. Чем больше в грунте содержится глинистых частиц, тем большей связанностью будет обладать этот грунт в сухом состоянии.

По степени связанности грунты подразделяются на три группы:
 - легкие грунты, частицы которых слабо связаны друг с другом;

- тяжелые грунты, у которых частицы плотно связаны друг с другом;

- скальные грунты, имеющие очень твердые частицы, прочно связанные между собой.

Влажностью грунта называется отношение массы воды, содержащейся в грунте, к массе сухих грунтовых частиц в том же объеме. В зависимости от степени увлажнения связные грунты могут быть твердыми, пластичными, текучими.

Переход грунта из твердой консистенции в пластичную, а из последней в текучую происходит довольно резко при определенной критической влажности. Пластическая консистенция грунта находится в интервале между характерными значениями, которые принято называть границами текучести и границей раскатывания.

Граница текучести, или верхний предел пластичности, характеризует такую влажность, при которой грунт переходит от пластичной к текучей (полужидкой) консистенции. При этой влажности связь между частицами нарушается, в парах между ними появляется свободная вода и грунт теряет устойчивость.

Граница раскатывания, или нижний предел пластичности, соответствует влажности, при которой грунт находится на границе перехода от твердой консистенции к пластичной. При дальнейшем увеличении влажности начинает резко снижаться устойчивость грунта к нагрузкам.

Число пластичности – разность между границей текучести и границей раскатывания грунта. Чем больше это число, тем больше интервал влажности, в пределах которого грунт обладает пластичной консистенцией.

Число пластичности связано с содержанием в грунте глинистых частиц, и по этому числу можно судить о физико-механических свойствах грунта.

Степень уплотнения грунта связана с количеством содержащихся в нем пор, занятых водой и воздухом. Чем сильнее уплотнен грунт, тем плотнее расположены его частицы за счет уменьшения воды и воздуха. Такой грунт более устойчив и медленнее размокает.

Степень уплотнения грунта характеризуется объемной массой грунтовых частиц в сухом состоянии.

Наибольшую устойчивость грунта можно обеспечить при условии уплотнения его до максимальной плотности при оптимальной влажности.

Под *оптимальной влажностью грунта* при максимальном уплотнении понимают влажность, при которой можно достичь наибольшей плотности при одинаковой работе по его уплотнению.

На прочность и устойчивость земляного полотна влияет разновидность грунта, примененного для строительства, а также условия увлажнения дороги в процессе ее эксплуатации.

Встречающиеся в природе грунты обычно представляют собой смесь песчаных (размером 2,0...0,05 мм), пылеватых (0,05...0,0005 мм) и глинистых частиц (меньше 0,005 мм). Относительное содержание в грунте частиц различной величины называется *гранулометрическим составом*, в зависимости от которого грунты разделяются на различные виды.

Классификация грунтов приведена в табл. 5, 6 [8].

Таблица 5

Классификация глинистых грунтов в зависимости от числа пластичности и содержания песчаных частиц

Разновидность грунтов	Число пластичности I_p , %	Содержание песчаных частиц (2-0,05 мм), % по массе
Супесь: песчанистая	$1 \leq I_p < 7$	≥ 50
пылеватая	$1 \leq I_p < 7$	< 50
Суглинок: легкий песчанистый	$7 \leq I_p < 12$	≥ 40
легкий пылеватый	$7 \leq I_p < 12$	< 40
тяжелый песчанистый	$12 \leq I_p < 17$	≥ 40
тяжелый пылеватый	$12 \leq I_p < 17$	< 40
Глина: легкая песчанистая	$17 \leq I_p < 27$	≥ 40
легкая пылеватая	$17 \leq I_p < 27$	< 40
тяжелая	$I_p \geq 27$	Не регламентируется

Пески характеризуются отсутствием связанности и пластичности вследствие незначительного содержания глинистых частиц (менее 3 %). Они отличаются малой высотой капиллярного поднятия, являются хорошим материалом для возведения насыпей в заболоченной местности, так как при насыщении водой их прочность меняется незначительно; в сухом состоянии песок не связан, водонепроницаем и легко поддается разработке. Чем крупнее и однороднее по размеру частицы песка, тем выше его пористость и водопроницаемость.

Таблица 6

Классификация крупнообломочных грунтов и песков
по гранулометрическому составу

Разновидность грунтов	Размер частиц d, мм	Содержание частиц, % по массе
Крупнообломочные:		
валунный	>200	>50
галечниковый	>10	>50
гравийный	>2	>50
Пески:		
гравелистый	>2	>25
крупный	>0,5	>50
средней крупности	>0,25	>50
мелкий	>0,1	≥75
пылеватый	>0,1	<75

Песок пылеватый – малосвязный, непластичный грунт, устойчивость которого при насыщении водой снижается; на откосах могут быть образованы сплавы. В местах повышенного увлажнения рекомендуется его применять для устройства земляного полотна.

Легкие и крупные супеси – хороший материал для устройства земляного полотна как в сухих, так и во влажных местах, так как они, вследствие благоприятного сочетания содержащихся в них количеств песка и глины, обладают достаточной связанностью и прочностью. Это лучший грунт для устройства грунтовых дорог: он хорошо уплотняется, быстро просыхает, легко разрабатывается. В увлажненном состоянии супеси не липки.

Суглинки отличаются хорошей связностью вследствие значительного содержания глинистых частиц. В сухом состоянии они обладают высокой прочностью, в связи с чем при разработке требуется предварительно рыхлить их или использовать мощные машины. Водонепроницаемость суглинков слабая. Высота капиллярного поднятия в них велика, но скорость его незначительна. При хорошем уплотнении суглинки обеспечивают достаточную прочность и устойчивость насыпей, хотя для этого требуются тяжелые уплотняющие машины.

Для пылеватых суглинков характерно высокое капиллярное поднятие воды (до 3...4 м), которое происходит медленно.

Глины в сухом состоянии обладают большой плотностью и связностью; хорошо уплотненные глины практически водонепроницаемы. Глины трудно поддаются разработке. При плохом водоотводе они недостаточно устойчивы под нагрузкой. При использовании глин для

устройства земляного полотна необходимо особо тщательно уплотнять их, для чего требуются мощные уплотняющие машины, хороший водоотвод.

2.4.2. Водно-тепловой режим земляного полотна

Водно-тепловым режимом земляного полотна называются закономерные изменения влажности и температуры в разных точках земляного полотна в различные сезоны года.

Водно-тепловой режим, глубина замачивания грунтовых вод и количество атмосферных осадков имеют зональную закономерность изменения, в связи с чем в настоящее время территория России разбита на пять дорожно-климатических зон [9]:

- 1 – зона распространения многолетнемерзлых грунтов;
- 2 – зона избыточного увлажнения;
- 3 – зона переменного увлажнения;
- 4 – зона недостаточного увлажнения;
- 5 – зона засушливая.

Границы, проходящие между зонами, приводятся в справочной литературе. Промышленные лесонасаждения имеются в восточной части 1-й зоны, почти на всей территории 2-й зоны и в незначительной части 3-й зоны.

На устройство и эксплуатацию земляного полотна лесовозных дорог в большинстве случаев влияют неблагоприятные условия. На значительной части лесной территории распространены пылеватые супеси и суглинки, неустойчивые во влажном состоянии. В то же время в этой зоне летний период имеет незначительную продолжительность, а количество выпадающих осадков превышает испарение, что приводит к излишнему увлажнению грунтов. В связи с этим предъявляются повышенные требования к обеспечению хорошего водоотвода и устойчивости дорожных одежд.

Источниками увлажнения земляного полотна являются (рис. 15):
атмосферные осадки, которые при водонепроницаемых дорожных одеждах просачиваются в подстилающий слой, а также проникают в земляное полотно через обочины и откосы;

поверхностные воды в виде верховодки, а также скоплений воды в продольных канавах и в резервах при их неправильном устройстве или плохом содержании дороги;

капиллярная и связанная (пленочная) вода, передвигающаяся от уровня грунтовых или поверхностных вод;

парообразная вода, перемещающаяся из более теплых мест к местам охлаждения или промерзания.

На дорожные сооружения, кроме того, воздействуют воды постоянных и временных водотоков (рек).

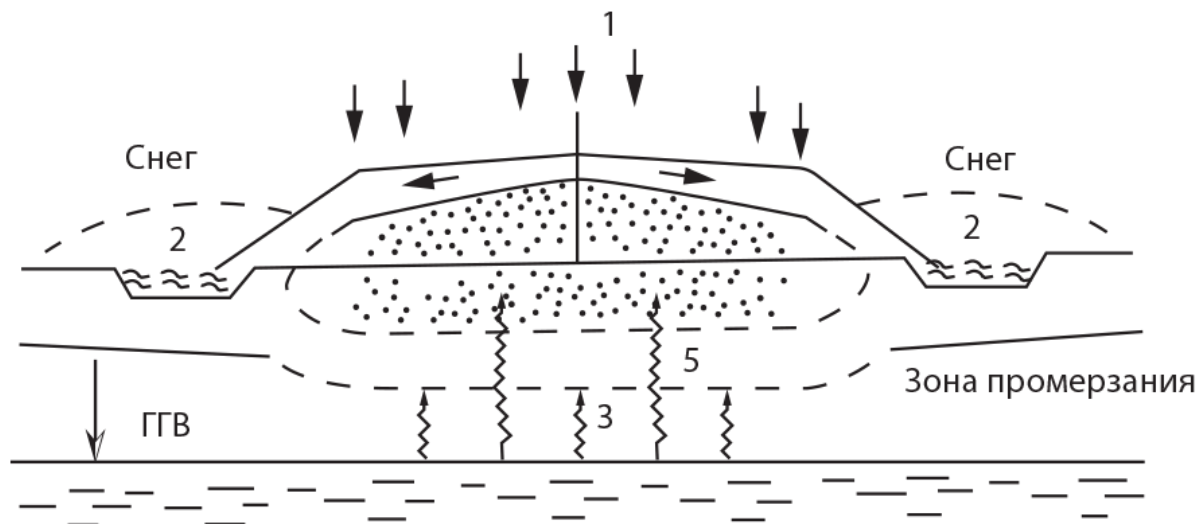


Рис. 15. Источники увлажнения земляного полотна дороги:

- 1 – атмосферные осадки; 2 – длительные застаивающиеся поверхностные воды; 3 – капиллярная вода; 4 – конденсация водяных паров; 5 – пленочная вода

Комплекс устройств для сбора, отвода и пропуска воды через земляное полотно называется *дорожным водоотводом*. Водоотводные сооружения обеспечивают сбор, отвод и пропуск воды вдоль дороги, отвод ее от поверхностных и грунтовых вод, а также пропуск водных масс с одной стороны дороги на другую.

Дорожный водоотвод представляет собой систему инженерных сооружений, включающих боковые канавы (кюветы), устраиваемые вдоль земляного полотна и являющиеся его составной частью; нагорные канавы, перехватывающие воды, стекающие по склону с верхней стороны; продольные и поперечные водоотводные канавы, отводящие воду из низин, лугов и ложбин к водопропускным сооружениям. Кроме того, для отвода воды используют резервы, испаряющие бассейны и поглощающие колодцы.

Для отвода грунтовых вод применяют дренажные устройства.

Для пропуска поверхностной воды через земляное полотно устраивают водопропускные сооружения: мосты, трубы, лотки и фильтрующие насыпи [9]. Дорожный водоотвод базируется на системе канав. Их следует устраивать так, чтобы вода в них не задерживалась, а быстро протекала без заиливания и без размыва дна и стенок.

Для обеспечения движения воды дну канав придается уклон не менее 5 ‰, а в исключительных случаях не менее 3 ‰. При меньшем уклоне канавы заиливаются. При уклоне до 10 ‰ канавы не укрепляются, при уклоне дна 10...30 ‰ укрепляются мощением или бетонными элементами, а при уклоне более 50 ‰ для гашения скорости воды устраиваются гасители в виде перепадов и быстротоков.

Для определения количества воды, на которое должно быть рассчитано сечение водоотводной канавы, ее протяжение делят на участки длиной 100...200 м. Количество притекающей к канаве воды от ливневого стока определяется по формуле ДорНИИ

$$Q_n = \Psi(h - z)^m F^n k б, \quad (26)$$

где Ψ – морфологический коэффициент;

h – слой стока (водоотдачи), мм;

z – потери стока на заполнение впадин и смачивание растительности, мм;

F – площадь бассейна, км²;

k – коэффициент, учитывающий шероховатость лога и склонов;

$б$ – коэффициент, учитывающий уменьшение расхода при наличии озер;

m, n – степенные показатели, зависящие от значений $(h - z)$ и F .

При расчетах стока на стадии технического проектирования используется упрощенная формула ДорНИИ:

$$Q_p = (h - z) F p, \quad (27)$$

где p – коэффициент, учитывающий неравномерность выпадения осадков на территорию водосбора. При длине водосбора до 5 км $p = 0,99...1,0$, при длине 10 км $p = 0,94...0,98$ и при длине водосбора 15 км – $p = 0,81 - 0,92$.

Эти данные используют при расчете отверстий малых искусственных сооружений.

2.4.3. Размещение водопропускных сооружений по трассе дороги

Для пропуска поверхностных вод через земляное полотно с обеспечением его прочности и безопасности движения автомобилей (автотопоездов) устраивают водопропускные сооружения. Основными их видами на лесовозных дорогах являются трубы и мосты.

Мосты в зависимости от размеров водосборной площади условно делят на три группы:

- *малые*, имеющие водосборную площадь менее 100 км^2 , а длину попереху менее 25 м;

- *средние*, с водосборной площадью $100...250 \text{ км}^2$ и длиной от 26 до 100 м;

- *большие* с водосборной площадью больше 250 км^2 и длиной свыше 100 м.

При проектировании труб и малых мостов используются типовые проекты, привязанные к конкретным отметкам профиля. Большие искусственные сооружения возводят по индивидуальным проектам.

На лесовозных дорогах наибольшее распространение получили трубы и малые мосты. Одиночные трубы устраивают при расходе воды до 10 м^3 , при большем расходе можно укладывать двух- и трехочковые трубы.

Размещение искусственных сооружений по трассе дороги и выбор их типа проводится на основе изучения рельефа местности, лесорастительных и грунтовых условий (отсутствие скальных грунтов). Воду из ряда пониженных мест можно отвести в смежные тальвеги продольными водоотводными канавами. При пересечении трассой дороги седловин на водоразделах также не требуется устройства искусственных сооружений. Количество водопропускных сооружений на трассе зависит от климатических условий и рельефа. Обычно их стоимость на лесовозных дорогах составляет 8...15 % стоимости дороги.

Для автомобильных дорог наилучшими водопропускными сооружениями являются трубы, не меняющие условий движения автомобилей, не требующие специальных изломов проектной линии дороги в плане и профиле, не вызывающие стеснения проезжей части и обочин и не требующие изменения типа дорожной одежды. Обычно применяются круглые железобетонные трубы стандартных размеров (0,75; 1,0; 1,5 и 2 м). Необходимо учитывать, что высота насыпи над верхней частью трубы должна быть не меньше 0,5 м.

Малые и средние мосты так же, как и трубы, допускается проектировать на любых сочетаниях плана и профиля дороги, принятых для данной ее категории техническими указаниями. На больших мостах продольный уклон полотна должен быть не более 20 ‰, переделы продольного профиля на мостах с дощатым настилом не допускаются.

2.4.4. Проектирование земляного полотна на прямых участках

Ширина земляного полотна на прямых участках автомобильной дороги определяется по формуле (28) (рис. 16).

$$B = B_0 + 2C, \quad (28)$$

где B_0 – ширина проезжей части, м; C – ширина обочины, м.

Для дорог с двухполосным движением:

$$B_0 = S + d + m + 2a, \quad (29)$$

где S – ширина колеи расчетного автомобиля, м;

d – ширина автомобиля или распуска с учетом длины коника, м;

m – минимальный зазор между встречными автомобилями ($m=2a$);

a – расстояние от середины колеса до кромки покрытия.

$$a = (0,5 + 0,005v_p)K_{ум}, \quad (30)$$

где v_p – расчетная скорость движения км/ч;

$K_{ум}$ – коэффициент уменьшения на лесовозных дорогах;

$K_{ум} = 0,7-0,8$ для двухполосных дорог и $1,0$ – для однополосных.

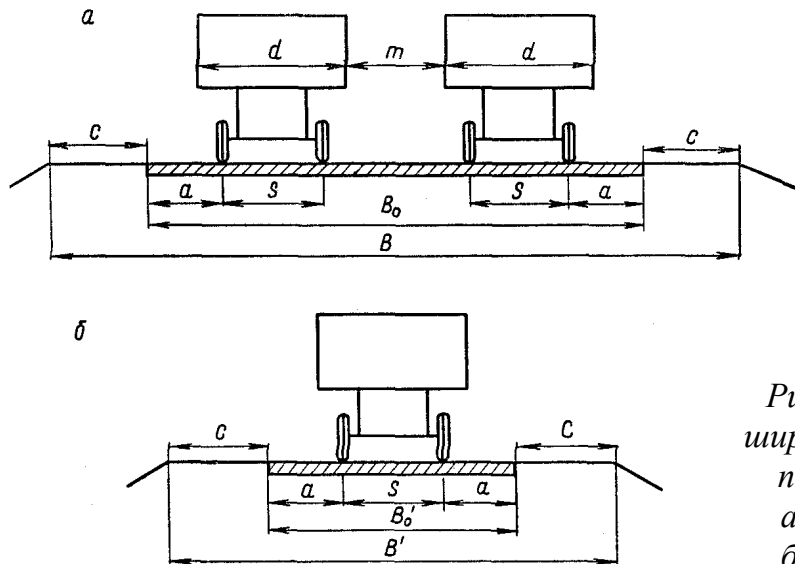


Рис. 16. Определение необходимой ширины проезжей части и земляного полотна автомобильной дороги: а – с двумя полосами движения, б – с одной полосой движения

Для однополосных дорог:

$$B_0 = S + 2a.$$

Сливной призме земляного полотна следует придавать поперечные уклоны, равные 10...30 %, а призме грунтовых дорог без покрытий в пределах проезжей части 40...50 % и на обочинах 50...60 % .

Сообразуясь с рельефом местности, размещением проектной линии на профиле, типом грунта, рабочей отметкой и другими условиями, необходимо выбрать типовой поперечный профиль земляного полотна для характерных участков дороги (насыпь, выемка, крутой косягор и т.п.). Наиболее распространенные типовые поперечные профили лесовозных дорог приводятся на рис. 17.

Для постройки дороги должен быть предусмотрен отвод земли в виде полосы земельной площади вдоль трассы шириной не менее 20 м.

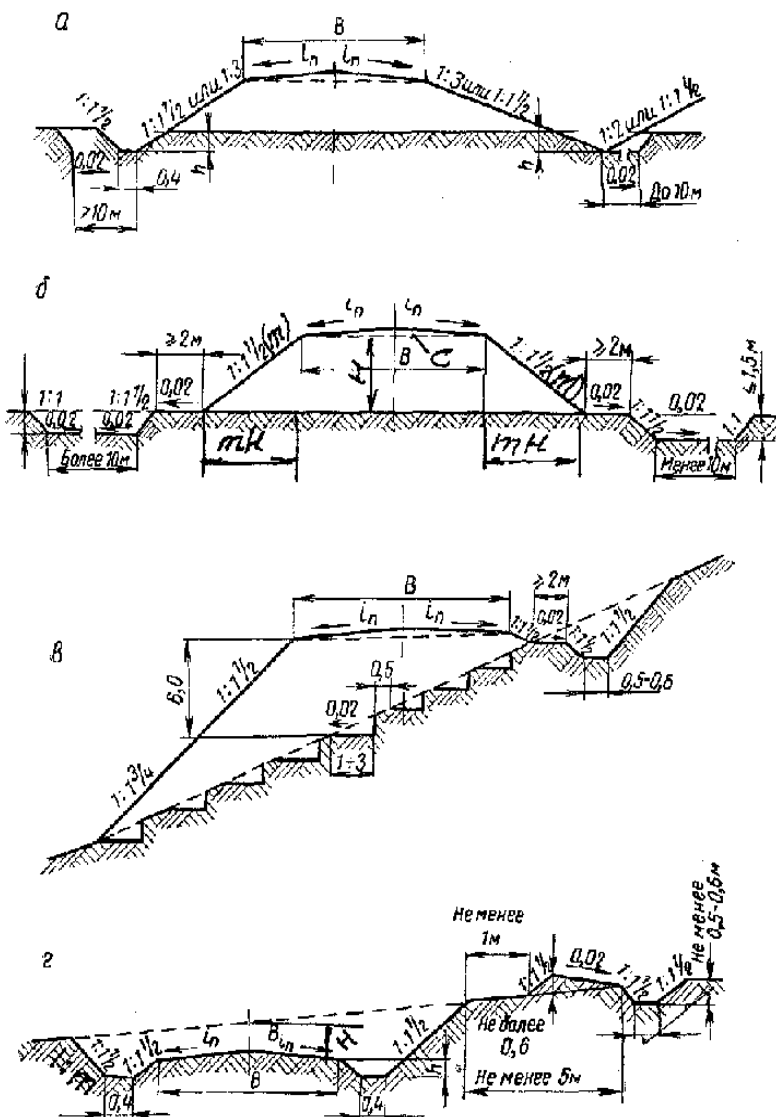


Рис. 17. Основные типовые поперечные профили земляного полотна лесовозных автомобильных дорог: а – насыпь высотой до 1 м (левая часть для суглинистых и глинистых грунтов; правая – для супесчаных и песчаных); б – насыпи от 1 до 6 м; в – насыпь на косягоре крутизной от 1:10 до 1:3; г – выемка без кавальеров глубиной до 12 м в обычных грунтах

2.4.5. Земляное полотно лесовозных автомобильных дорог на болотах

Для основных лесных районов страны характерно широкое распространение болот. Болотами называются места с затрудненным поверхностным и внутренним стоками воды, занятые естественными залежами высокопористых водонасыщенных грунтов органического происхождения. К болотным грунтам относятся торф и органические илы (сапропели) с включением минеральных частиц.

В зависимости от характера водного питания различают болота верховые, получающие воду в основном за счет атмосферных осадков, и низкие, питающиеся грунтовыми водами.

В местах повышенной интенсивности внутреннего стока или, наоборот, застоя воды на водораздельных болотах образуются участки с крайне высокой толщины торфа, называемые топями.

Конструкция земляного полотна зависит от типа болот. Существуют три типа болот:

1 тип – сплошь заполненные плотным торфом устойчивой консистенции, с минеральным дном;

2 тип – заполненные торфом неустойчивой консистенции подстилаемым органическими или полуорганическими илами (сапропелями);

3 тип – заполненные жидким торфом с плавающей торфяной корой.

При сооружении земляного полотна в насыпях на слабых основаниях предъявляются дополнительные требования:

- боковое выравнивание слабого грунта в основании насыпи в период эксплуатации должно быть исключено;

- интенсивная часть осадки основания должна завершиться до устройства покрытия;

- упругие колебания насыпей на торфяных основаниях при движении транспортных средств не должны превышать величины, допустимой для данного типа дорожных одежд;

- участки с торфяным слоем толщиной до 0,5 м, покоящимся на твердом минеральном дне из стойких в дорожном отношении грунтов (песок, гравелистый или каменистый грунт, скала), рекомендуется весь слой торфа, залегающий на полосе земляного полотна, удалить;

- нижнюю часть насыпей на болотах, погружающуюся ниже уровня поверхности болота на 0,2...0,5 м, следует предусматривать, как правило, из дренирующих песчаных или крупнообломочных

грунтов. Применение других грунтов, включая торф, должно обосновываться индивидуальными расчетами.

На лесовозных дорогах насыпи на болотах 1 типа могут возводиться без выторфовывания, так называемого «плавающего типа» (рис. 18 а), или при устройстве усовершенствованных покрытий и небольшой глубине болота (2...4 м) – с полным или частичным выторфовыванием (рис. 18 б).

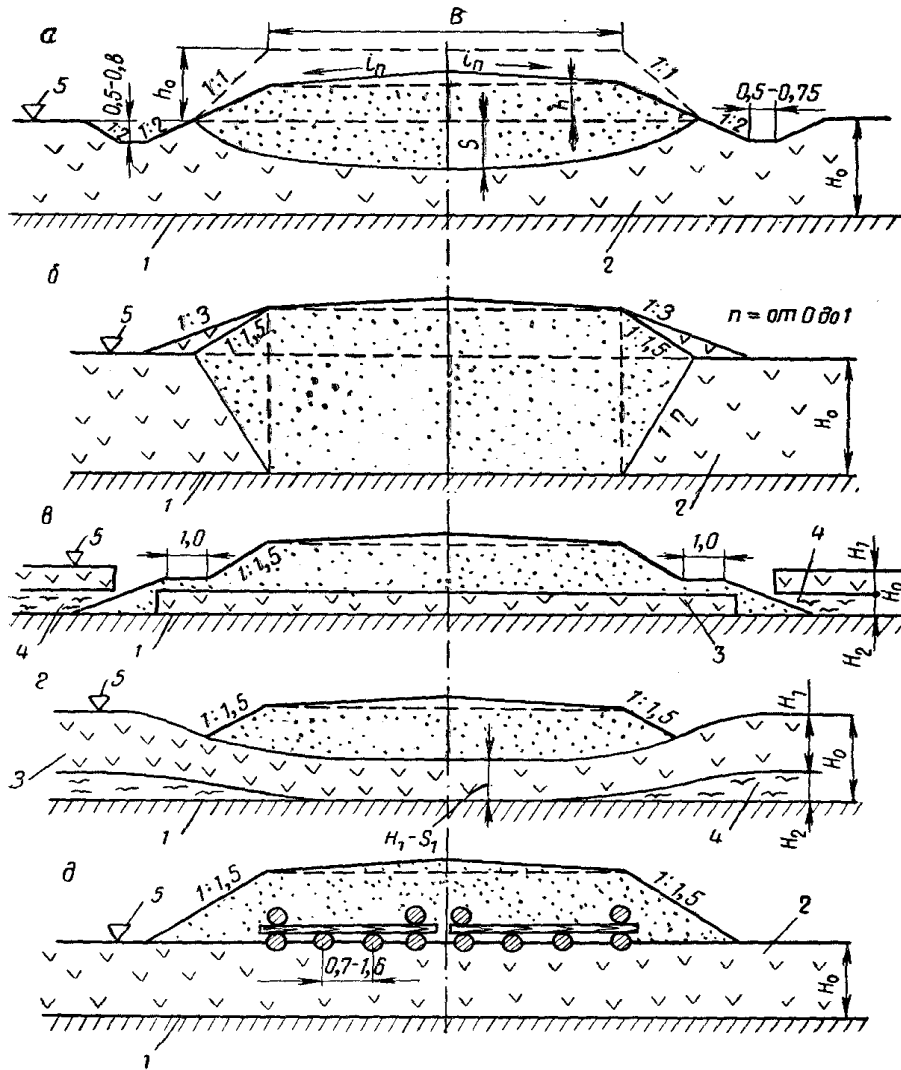


Рис. 18. Устройство земляного полотна на болотах:

а – на болотах 1 типа, заполненных плотным торфом; б – на болотах 1 и 2 типов с полным или частичным выторфовыванием; в – на болотах 3 типа с плавающей слявиной, с посадкой насыпи вместе со слявиной на минеральное дно; г – то же, но без устройства прорезей и слявины; 1 – минеральное дно болота; 2 – плотный торф; 3 – слявина 4 – жидкий торф или сапронели; 5 – уровень болота; h_0 – общая толщина отсыпанного слоя грунта с учетом осадки; h – проектная рабочая отметка; s – осадка насыпи; H_0 – глубина болота; H_1 – толщина верхнего слоя; H_2 – толщина нижнего слоя; S_1 – осадка верхнего слоя

На болотах 2 и 3 типа насыпи, как правило, должны возводиться с посадкой на минеральное дно вместе со сплавной (рис. 18 в и г).

На болотах 1 типа допускается возведение насыпей на сланях для всех видов дорог, а на болотах 3 типа – для дорог хозяйственного назначения, на которых движение тяжелых лесовозных поездов не предполагается (рис. 18 д).

Время, необходимое для достижения заданной степени консолидации насыпи на болоте плавающего типа без вертикального дренирования, можно определить по формуле

$$t = \frac{H^2}{C} T_b, \quad (31)$$

где H – толщина залежи, м;

T_b – безразмерный коэффициент, называемый фактором времени;

C – коэффициент консолидации, определяемый на основании лабораторных компрессионных испытаний торфа по формуле:

$$C = \frac{K(1 + E_0)}{a\Delta}, \quad (32)$$

где K – коэффициент фильтрации (средние расчетные значения для торфа низинного слаборазложившегося – 0,005, среднеразложившегося – 0,0008, торфа верхового слаборазложившегося – 0,004 и среднеразложившегося – 0,0005);

E_0 – коэффициент пористости (начальный);

a – коэффициент сжимаемости;

Δ – объемная масса воды.

Величина коэффициента сжимаемости определяется по формуле

$$a = \frac{\xi_0 - \xi_p}{\Delta p}, \quad (33)$$

где Δp – нагрузка, вызвавшая изменение коэффициента пористости;

ξ_p – коэффициент пористости, полученный при нагрузке $p + \Delta p$ (рекомендуется принимать ее равной расчетному давлению насыпи на основание).

Обычно для массивных плавающих насыпей назначают годичный срок для стабилизации земляного полотна. Однако в ряде случаев этого срока бывает недостаточно.

Для ускорения процесса консолидации полотна дороги используются следующие меры, направленные на улучшение и сокращение пути фильтрации воды, выжимаемой из насыпи, в зависимости от местных условий и технической оснащённости строительства:

а) полное или частичное выторфовывание (особенно целесообразно при малой несущей способности торфа);

б) устройство вертикальных песчаных дрен (диаметром 0,35...0,45 м с расстоянием между ними 1,5...3,0 м) или продольных дренажных прорезей (шириной 0,8...1,2 м), засыпанных песком, которые резко сокращают период консолидации и обеспечивают, кроме того, повышение устойчивости основания.

2.5. Определение объемов дорожных земляных работ

Дорожные земляные работы делятся на основные и дополнительные. К основным работам относятся возведение насыпей и выемок, к дополнительным – работы по устройству водоотвода, дренажа, переездов, снятию растительного слоя, отсыпке конусов у мостов, устройству дамб, спрямлению русл и др. [9].

Объем насыпи или выемки на любом отрезке пути можно определить как произведение площади поперечного сечения земляного полотна на длину принятого участка.

Площадь поперечного сечения земляного полотна, m^2 , выражается формулами:

$$\text{для насыпи } w_n = a + BH + mH^2, \quad (34)$$

$$\text{для выемки } w_b = (2k - a) + (B + 2b)H + mH^2, \quad (35)$$

где a – площадь поперечного сечения сливной призмы, m^2 ;

B – ширина земляного полотна, м;

H – высота насыпи или глубина выемки (рабочая отметка), м;

m – коэффициент откоса;

k – площадь поперечного сечения кювета, m^2 ;

b – ширина кюветов поверху.

Рабочая отметка земляного полотна H изменяется по длине дороги, соответственно будет изменяться и площадь поперечного сечения полотна дороги.

На болотах 1 и 2 типов учитывают осадку насыпей, используя для этого специальные таблицы. Дополнительный объем земляных

работ, в м³, на осадку насыпей на болотах также может быть определен по приближенной формуле

$$V_3 = (B + 2mH_{cp})SL_6, \quad (36)$$

где S – осадка насыпи на болоте, принимают $(0,25 \dots 0,30)H$, м;

H_{cp} – глубина болота, м;

L_6 – протяженность участка дороги по болоту между принятыми для расчета рабочими отметками, м.

Различают профильный и производственный объемы земляных работ.

Сумма объемов насыпей и выемок по всему продольному профилю дороги называется профильным объемом земляных работ.

При продольном перемещении грунта из выемки в смежную насыпь и равных объемах выемки и насыпи объем грунта, перемещаемого из выемки в насыпь, будет называться рабочим, или производственным. В данном случае он вдвое меньше профильного. Этот объем и должен учитываться при определении стоимости земляных работ.

2.6. Дорожные одежды лесовозных автомобильных дорог

2.6.1. Классификация дорожных одежд

Дорожной одеждой называют один или несколько конструктивных слоев, укладываемых на заранее подготовленное земляное полотно в пределах проезжей части для создания прочной и ровной поверхности. Дорожную одежду устраивают из материалов, хорошо сопротивляющихся воздействию движения транспорта и влиянию климатических факторов.

Дорожные одежды разделяются на жесткие (с покрытием из цементобетона) и нежесткие (все остальные виды одежд).

В зависимости от количества конструктивных слоев дорожные одежды бывают однослойные и многослойные.

В многослойной нежесткой одежде различают следующие основные конструктивные слои (считая сверху вниз): *покрытие, основание и подстилающий слой* [9].

Некоторые виды покрытий требуют устройства поверхностной обработки.

Поверхностная обработка представляет собой тонкий защитный слой толщиной 1,5...4,5 см, создаваемый на поверхности одежды разливом горячего вязкого битума с последующей засыпкой мелким щебнем или гравием.

Покрытие определяет собой эксплуатационные качества одежды в целом (ровность, сцепление колес с поверхностью дороги и пр.).

Основание одежды устраивают из одного, двух и более конструктивных слоев. Оно является основным несущим элементом одежды, определяющим ее прочность.

Подстилающий слой имеет своим назначением, наряду с повышением прочности дорожной одежды, выравнивание основания одежды и обеспечение отвода воды, просочившейся в основание одежды.

В некоторых конструкциях одежд имеется всего лишь два слоя: верхний слой покрытия и нижний – подстилающий, или только один слой. В обоих случаях слой покрытия является одновременно и основным несущим элементом конструкции одежды.

В зависимости от вида покрытия дорожные одежды, используемые в России, разделяются на типы, указанные в табл. 7.

Таблица 7

Типы дорожных покрытий

Тип покрытий	Наименование покрытий	Условия применения
Усовершенствованные капитальные	1. Цементобетонные монолитные и сборные, на основании из щебня (гравия) с подстилающим слоем (песок, гравий). 2. Асфальтобетонные с теми же слоями оснований и подстилающего. Вариант применения слоя основания из гравийного материала, укрепленного цементом	На дорогах I, II категорий
Усовершенствованные облегченные	Из щебеночных и гравийных материалов, обработанных органическими вяжущими из холодного асфальтобетона, из грунта, обработанного в установке вязкими битумами	На дорогах III и IVA категорий

Тип покрытий	Наименование покрытий	Условия применения
Переходные	Щебеночные, грунтощебеночные, гравийные, шлаковые, колейные из сборного железобетона, пластобетона, асфальтобетона и др. Из грунтов, обработанных жидкими органическими вяжущими	IVБ и V категории
Низшие	Грунтовые, укрепленные различными местными материалами. Грунтогравийные	V категория, ветки и усы

При конструировании дорожных одежд следует обеспечить плавный переход от более жестких слоев к менее жестким с тем, чтобы отношение модулей упругости смежных слоев было бы не более 5...6.

Если крупнопористый материал (щебень или гравий) укладывается на суглинистый или глинистый грунт, необходимо предусмотреть между ними прослойку из песка толщиной не менее 5 см (не учитываемую в расчете одежды на прочность).

Минимально допустимая толщина конструктивных слоев дорожной одежды на лесовозных дорогах – щебеночные (гравийные) материалы, не обработанные вяжущими, на песчаном основании – 15 см, на более прочном (из щебня, гравия, укрепленного грунта) – 10 см; слои из грунтов, укрепленных различными вяжущими, – 10 см; щебеночные (гравийные) материалы, обработанные органическими или неорганическими вяжущими в установке, на дороге или способом пропитки, – 8 см, способом полупропитки – 4 см; асфальтобетон – 5 см. Толщина конструктивных слоев одежды должна (считая сверху вниз) постепенно возрастать.

Гравийные, щебеночные и шлаковые дорожные одежды

Гравийные покрытия являются наиболее распространенными типами дорожных покрытий лесовозных автомобильных дорог.

Преимуществами гравийных покрытий является:

- простота конструкции, обеспечивающая возможность максимальной механизации строительных работ;
- возможность постепенного усиления как за счет наращивания толщины покрытий, так и за счет ввода вяжущих материалов;
- высокий модуль деформации;
- простота ремонта и содержания.

Наилучшим (оптимальным) для устройства покрытий является такой гравийный материал, в котором обеспечивается после укатки наибольшая и постоянная связность частиц при достаточной прочности самих частиц. В таком материале крупные частицы (размером 2...40 мм) образуют скелет, поры которого заполнены мелкими частицами: песком, пылью и глиной.

Для слоев оснований одежды очень важно обеспечить наряду с их прочностью хорошую водонепроницаемость. Поэтому оптимальные гравийные смеси для оснований и подстилающих слоев должны содержать минимум мелких частиц. Оптимальные смеси подбирают аналитическим методом или графическим построением.

Если карьерный материал не удовлетворяет оптимальному составу, то его можно улучшить:

- отгрохоткой (то есть пропуск через соответствующие сита);
- добавлением суглинка в случае недостатка пылеватых и глинистых частиц;
- составлением смеси материалов, взятых из двух карьеров или из различных слоев одного карьера;
- дроблением крупных частиц.

При песчаных и супесчаных грунтах земляного полотна гравий укладывают непосредственно на уплотненный предварительной укаткой грунт земляного полотна. На глинистых и суглинистых грунтах гравийное покрытие устраивается на предварительно подготовленном искусственном песчаном основании или на основании из местного грунта, улучшенного добавками привозного грунта до состава оптимальной смеси.

Для консолидации гравийной дорожной одежды с образованием на ее поверхности плотной твердой и гладкой коры, предотвращающей пылеобразование и значительно уменьшающей сопротивление движению, применяют следующие средства:

- ежегодную поливку поверхности одежды черными сульфитными щелоками;
- ежегодную обработку раствором хлористого кальция (3,5...5 т/км);
- устройство слоя поверхностной обработки битумом;
- устройство слоя износа из пылеватого песка, политого водой и хорошо укатанного.

По принципу оптимальных смесей могут устраиваться покрытия из щебня, грунтощебня, шлаков и других местных материалов. Для верхнего слоя размер щебня при мягких породах камня равен 25...55 мм,

для нижнего слоя 25...75 мм; при твердых породах размер щебня для верхнего слоя равен 25...40 мм, для нижнего слоя 25...60 мм.

Для обеспечения нормальных условий уплотнения россыпи необходимо, чтобы наибольший размер щебня не превышал 70 % от толщины слоя, иначе вальцы катков, опираясь на отдельные крупные щебенки, не смогут оказать уплотняющего действия на щебенки, заключенные между отдельными выступами.

Лучшее взаимное соприкосновение в щебеночных покрытиях достигается, когда щебенки по форме приближаются к кубу или тетраэдру. Щебенки, в которых одно или два из измерений значительно превышают наибольшие допускаемые размеры, ухудшают условия формирования и уплотнения конструкции дорожных одежд; поэтому они допускаются в количестве не более 20 % ко всему объему щебня. При устройстве щебеночных покрытий сначала рассыпают наиболее крупный щебень, который после уплотнения расклинивается более мелким щебнем.

Грунто-щебеночной одеждой принято называть покрытие из щебня и грунта с содержанием щебеночных частиц более 40 %. Такой тип покрытия используется при отсутствии на месте строительства дороги гравийного материала. Это покрытие хорошо выдерживает вертикальные нагрузки от колес, но не отличается хорошим сопротивлением износу. Поэтому при применении грунтощебня целесообразно защищать его сверху от непосредственного воздействия колес экипажей слоем сортировочного щебня (с частицами размером 25...40 мм) или устраивать поверху грунтощебеночного слоя поверхностную обработку.

Шлаковые покрытия делают из топочных и металлургических шлаков. Шлаки по внешнему виду представляют собой обычно рыхлый материал (объемная масса 0,8...1,1 г/см³), составленный из кусков разной величины и формы и весьма разнообразных свойств. Большинство кусков имеет ноздревато-ячеистое строение, вследствие чего, коэффициент плотности шлаков (1,4...1,5 г/см³) выше, чем у грунтов (1,1...1,2 г/см³).

При наличии в шлаке излишнего количества мелких фракций, он подвергается просеиванию непосредственно в отвале. В случае наличия в шлаке свыше 15 % фракций размером более 60 мм необходимо их удалять или же разбивать на месте на более мелкие части.

Улучшение дорожных одежд добавками вяжущих материалов

Грунты основных лесозаготовительных районов России в своем естественном состоянии характеризуются невысокими дорожно-строительными качествами. При изменении увлажнения, плотности, гранулометрического состава и других факторов грунты резко и быстро меняют свои свойства. При этих условиях предусматривается укрепление дорожной одежды с покрытием или основанием из грунтов вяжущими материалами (цементом, известью, битумом, синтетическими смолами и т.п.).

Органические вяжущие добавки, главнейшими из которых являются нефтяные битумы и каменноугольные дегти, иногда за их цвет называют черными добавками, а дорожные покрытия, образованные с их помощью, – черными покрытиями. Добавки органического происхождения обеспечивают прочное сцепление между частицами грунта и дополняют пустоты между ними. Грунт с добавками вяжущих приобретает свойство несмачиваемости водой, в нем значительно увеличивается сцепление минеральных частиц. Все это увеличивает модуль деформации грунта, стабилизирует его свойства, то есть делает мало зависящим от переменных условий водного режима.

Помимо хорошего, устойчивого сцепления с грунтовыми частицами, не нарушающегося при длительном действии воды и многократном изменении температуры, органические вяжущие добавки должны без особого труда разливаться, перемешиваться с грунтом и хорошо укатываться. Наконец, вяжущие материалы не должны быть хрупкими при морозах или излишне пластичными в жаркую погоду.

Количество вводимого в грунт вяжущего неодинаково и зависит главным образом от механического состава грунта. В процентах к массе грунтов вяжущее составит для песков – 2...5; песков пылеватых – 5...7; супесей – 6...9; супесей тяжелых, грунтов пылеватых, суглинков и суглинков пылеватых – 7...10.

Оптимальное количество жидкого битума при обработке им гравийных материалов составляет 4,5...6,5 % от массы гравия.

Грунт при стабилизации его *вяжущими неорганического происхождения или минеральными вяжущими*, главным образом *цементом*, резко изменяет свои физико-механические свойства. Прочность, водостойкость и морозостойкость смеси сильно изменяются в зависимости от свойств вяжущего материала и грунта.

Исследования, проведенные проф. В.М. Безруком, позволили установить, что на качество стабилизированного грунта оказывает

большое влияние степень дисперсности цемента (тонкость его помола). При увеличении удельной поверхности соприкосновения грунтовых частиц с зернами цемента возможно более равномерное распределение вяжущего в грунтовой толще и более эффективное использование свойств вяжущих. При увеличении дисперсности цемента возрастает его химическая активность и способность к отверждению. В результате прочность цементогрунтов значительно увеличивается. Цемент марки меньше 400 для стабилизации грунтов не применяют.

Помимо цемента, в качестве улучшающих грунт добавок неорганического происхождения используется известь. Однако следует иметь в виду, что вследствие активного химического взаимодействия с воздухом, водой и грунтом известь может утрачивать свои вяжущие свойства. Кроме того, известь растворяется в воде (вымывается), поэтому ее применение в качестве улучшающих грунты добавок более эффективно в III и IV климатических зонах, в местах с хорошими гидрологическими условиями.

Необходимое количество вяжущих добавок минерального происхождения в процентах от массы сухой смеси ориентировочно составляет: для супесчаных и гравелистых грунтов оптимального состава – 6...8, для супесчаных грунтов – 8...10, для пылеватых и суглинистых грунтов – 10...14, для глинистых грунтов – 12...15.

2.6.2. Основные типы поперечных профилей дорожных одежд

На рис. 19 приведены основные типы поперечных профилей дорожных одежд, применяемых на лесовозных дорогах.

Серповидный поперечный профиль одежды представляет собой наиболее простую конструкцию. Он удобен и не требует больших затрат на содержание дороги. Недостатком его является повышенный расход дорожно-строительных материалов.

Серповидный профиль рекомендуется применять:

- для грунтовых дорог, улучшенных минеральными добавками или поверхностной россыпью гравия или щебня;
- гравийных покрытий на земляном полотне из недренирующего грунта при любой толщине покрытия и ширине обочины;
- гравийных покрытий на земляном полотне из дренирующего грунта при ширине обочин менее 1 м и при большей ширине обочин при толщине слоя одежды менее 15 см.

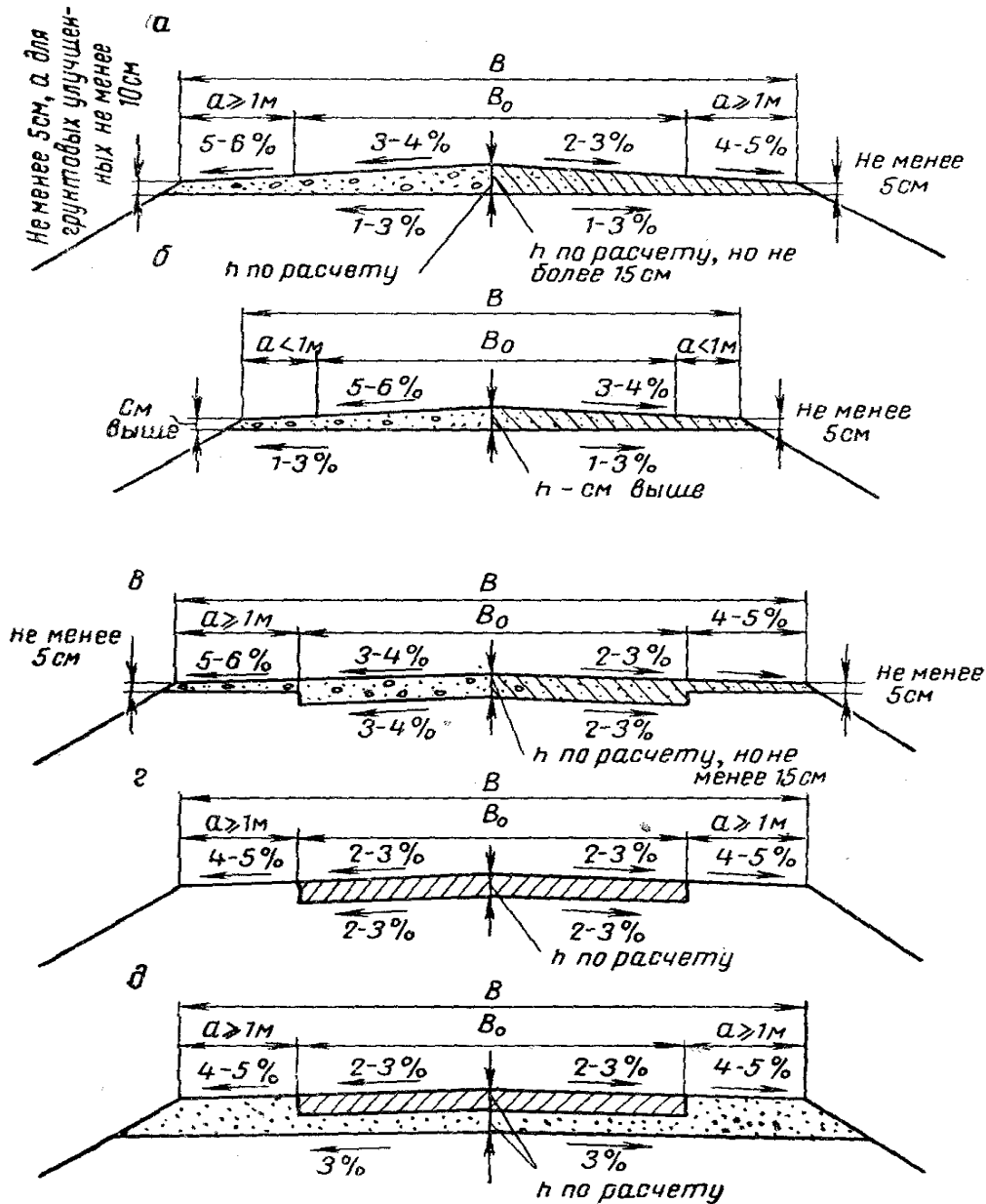


Рис. 19. Поперечные профили дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог: а – серповидный профиль при ширине обочин 1 м и более; б – серповидный профиль одежды на однополосных дорогах (левые половины профилей а и б – для гравийных, грунтощебеночных и грунтовых покрытий, правые – для покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими); в – полукорытный профиль (левая половина – для гравийных одежд при дренирующих грунтах земляного полотна, правая – для покрытия из грунтов, укрепленных вяжущими); г – корытный профиль при дренирующих грунтах земляного полотна; д – то же при недренирующих грунтах с устройством гравийного покрытия в корыте из песчаного подстилающего слоя

Корытный профиль одежды применяется в случаях, когда покрытие устраивается из дорогостоящих материалов или имеет большую толщину. Его достоинством является экономия дорожно-

строительных материалов, а недостатками – легкость заноса грязи с обочин на проезжую часть и необходимость дренажа воды из корыта с использованием трубчатых дрен.

Полукорытный профиль одежды представляет собой промежуточное решение между корытным и серповидным профилями.

На лесовозных дорогах полукорытный профиль рекомендуется применять:

- для гравийных покрытий на земляном полотне из дренирующих грунтов (при ширине обочин 1 м при более при толщине слоя более 15 см);

- для одежд с покрытиями из укрепленных грунтов (при ширине обочин 1 м и более при толщине укрепленного слоя более 15 см).

2.6.3. Расчет на прочность нежестких дорожных одежд

Воспринимая нагрузку от проходящих автомобилей, дорожная одежда передает ее нижележащим слоям грунта, рассредоточивая на большую площадь. В результате такого рассредоточения в земляном полотне возникают значительно меньшие напряжения и деформации; величина их при рационально спроектированной конструкции не влияет на прочность всей одежды даже в периоды переувлажнения грунта.

Возникающие в дорожной одежде напряжения от колес автомобилей уменьшаются на глубине. Поэтому экономически целесообразно проектировать дорожную одежду как многослойную конструкцию, применяя в отдельных ее слоях материалы различной прочности соответственно величине действующих в этих слоях напряжений.

Процесс деформирования нежестких дорожных одежд весьма сложен, так как фактически происходит деформирование многослойной не ограниченной по своей длине плитной конструкции, слои которой состоят из различных материалов со свойствами, изменяющимися во времени в зависимости от ряда факторов (температура, влажность, время воздействия нагрузки и т.д.). Эта конструкция опирается на грунтовое основание, резко изменяющее свои физико-механические свойства в течение года.

Кроме того, характер нагрузки резко отличается от расчетных нагрузок сооружений промышленно-гражданского строительства, где наиболее частым их видом является статическая нагрузка. Воздействие автомобильного колеса нельзя рассматривать и как нагрузку

динамического характера. Правильнее рассматривать его как многократно повторяющуюся импульсную нагрузку, воздействующую в течение короткого периода (0,01...0,02) с.

Наиболее близко действительному характеру работы нежесткой дорожной одежды под автомобильной нагрузкой отвечает упруговязкопластичная схема деформирования [10].

В общем случае соблюдается уравнение

$$E_0 = E_y + E_v + E_n, \quad (37)$$

где E_0 – общая деформация одежды;

E_y – упругая деформация;

E_v – вязкая деформация;

E_n – пластичная деформация.

Для расчета на прочность нежестких дорожных одежд воспользуемся методом ДорНИИ (разработан под руководством проф. Н.Н. Иванова) при следующих допущениях:

1) грунт и дорожная одежда рассматриваются как упруговязкопластичная среда, в которой при повторных нагрузках накапливаются деформации;

2) прочность одежды определяется предельной допускаемой деформацией (осадкой), при которой начинает нарушаться пропорциональная зависимость между нагрузками и вертикальными осадками или появляются трещины в одежде.

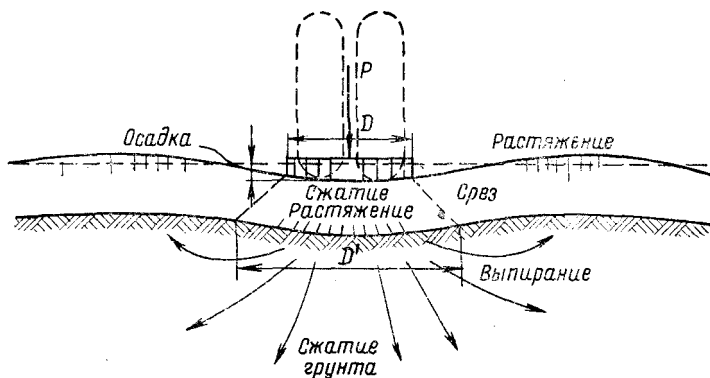


Рис. 20. Деформация дорожной одежды под нагрузкой от колеса на пределе прочности

полотна на большую площадь диаметром D^p ($D^p > D$).

Проектирование дорожной одежды заключается в установлении оптимального количества слоев, определении расчетных характеристик материалов, расчете и технико-экономическом анализе выбранных конструкций. При этом следует учитывать категорию дороги,

На рис. 20 схематично показаны деформации нежесткой дорожной одежды и грунтового основания на пределе прочности под действием нагрузки на колеса. Колесо передает нагрузку на одежду через площадь контакта, равновеликую площади круга диаметром D . Одежда передает нагрузку на грунт

состав и перспективную интенсивность движения автопоездов, климатические и гидрологические условия местности, особенно устройства отдельных слоев и дорожной одежды в целом.

Расчет дорожной одежды заключается в определении необходимой толщины как всей одежды в целом, так и отдельных ее слоев.

В качестве основного показателя, характеризующего прочность (деформативные свойства) дорожно-строительных материалов, грунтов и дорожной одежды, принят модуль упругости.

Расчетная нагрузка, принимаемая при расчете дорожных одежд лесовозных дорог, является нагрузкой группы А (с допустимой осевой нагрузкой 10 т) в соответствии с Постановлением Правительства РФ [11].

Интенсивность движения – это количество автомобилей, проходящих в сутки по одной наиболее загруженной полосе.

Приведенную суточную интенсивность движения, используя значения коэффициентов для приведения автомобилей с различными нагрузками на ось к расчетному автомобилю (группа А), определяют по формуле

$$N_p = f_{\text{пол}} \delta \left(\frac{Q_{\text{лет}}}{T_{\text{лет}} M_{\text{пол}}} S_{\text{сум}} \right), \quad (38)$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним, при количестве полос 1, 2, 3 $f_{\text{пол}} = 1; 0,55; 0,50$, соответственно;

δ – коэффициент, учитывающий движение по грузовой полосе в порожнем направлении (для однополосных дорог, $\delta = 1,15$, для двухполосных $\delta = 1,05$);

$Q_{\text{лет}}$ – объем вывозимого леса за летне-осенний период, м^3 , (для практических расчетов можно принять $Q_{\text{лет}} = (0,4 \dots 0,45) Q_{\text{год}}$);

$Q_{\text{год}}$ – годовой объем вывозки, м^3 ;

$T_{\text{лет}}$ – продолжительность летне-осеннего периода, сут.;

$M_{\text{пол}}$ – полезная нагрузка на автопоезд, м^3 .

$$M_{\text{пол}} = \frac{q_a + q_p}{\varphi}, \quad (39)$$

где q_a – грузоподъемность автомобиля, кН;

q_p – грузоподъемность роспуска, кН;

φ – объемная масса древесины, $\text{т}/\text{м}^3$

$S_{\text{сум}}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства к расчетной нагрузке.

Требуемый модуль упругости дорожной одежды находится по графику (рис. 21) и табл. 8.

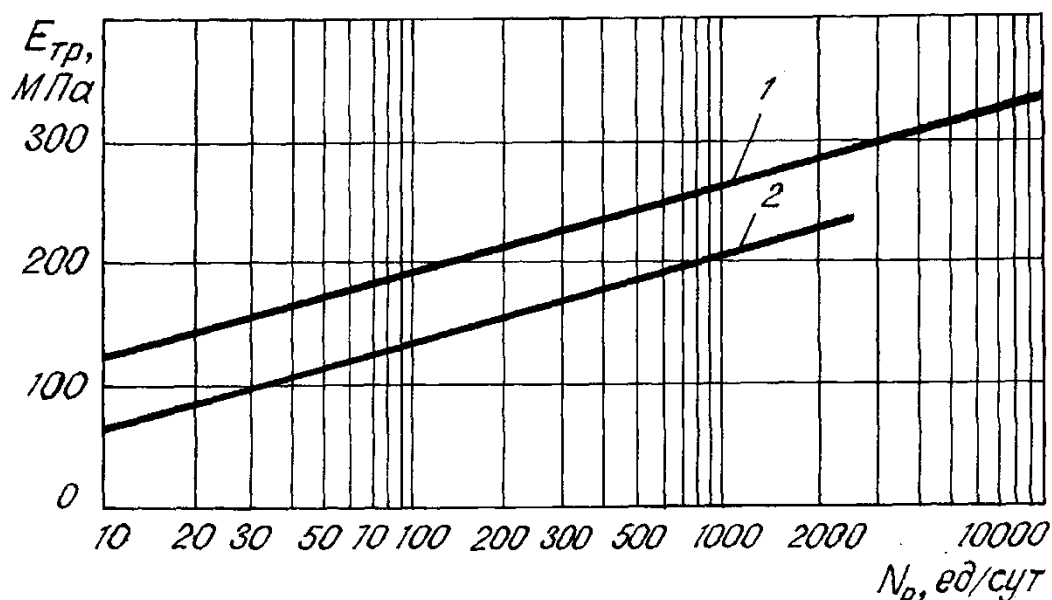


Рис. 21. Требуемые модули упругости $E_{тр}$ для нагрузок групп А (1) и Б (допустимая осевая нагрузка 6 т) (2)

Таблица 8

Модуль упругости для покрытий разного типа дорог, МПа

Категория дороги	Усовершенствованные капитальные покрытия	Усовершенствованные облегченные покрытия	Переходные покрытия
III	180	160	-
IV А, Б	-	125	65
V	-	100	50

При конструировании дорожных одежд дорогу делят на участки с одинаковыми условиями проектирования (тип расчетного автомобиля, интенсивность движения, грунтовые гидрологические условия и т.д.). Расчет конструкции одежды для каждого однородного участка выполняется индивидуально, при этом следует руководствоваться следующими положениями:

- количество слоев одежды рекомендуется устраивать на магистралях с грузооборотом более 150 тыс. м³ в год – 2-3, а на остальных дорогах – 1-2 (не считая слоя износа или поверхностной обработки);

- при выборе дорожно-строительных материалов необходимо располагать менее прочные материалы в нижних слоях с таким расчетом, чтобы модули упругости материалов к поверхности одежды постоянно повышались; отношение модулей упругости смежных слоев из слабосвязанных материалов не должно превышать 5...6 раз;

- толщина отдельных конструктивных слоев одежды проектируется в зависимости от материала, из которого они изготавливаются. Значение их толщины, не менее, составляют:

100 мм – при использовании грунтов малопрочных материалов, обработанных вяжущими;

150 мм – при использовании щебеночных и гравийных, обработанных вяжущими, на песчаном основании;

80 мм – при прочном основании (каменном или из укрепленного грунта).

- дорожные одежды в поперечном сечении проектируют с использованием типовых решений, приведенных в инструкции, корытного, полукорытного или серповидного профиля.

Окончательный выбор типа профиля дорожной одежды определяется технико-экономическими расчетами. При этом должны быть учтены стоимости как покрытия, так и укрепления обочин при корытном профиле.

Пример конструктивных схем дорожных одежд показан на рис. 22.

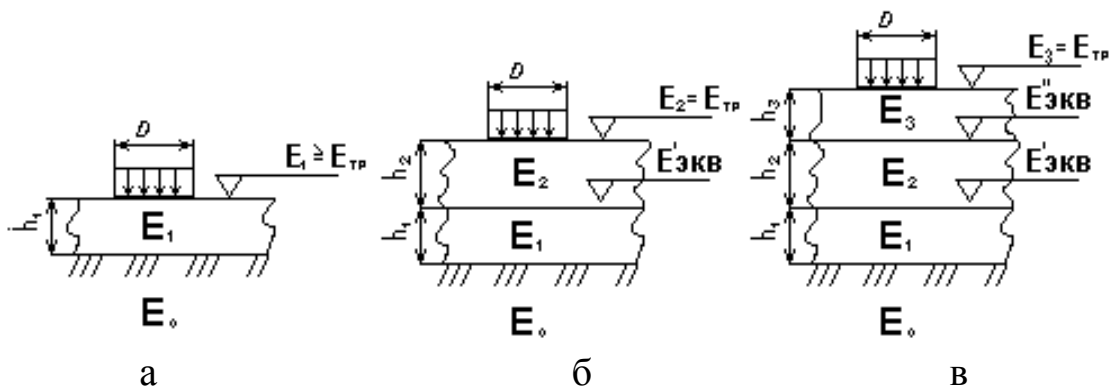


Рис. 22. Конструктивные схемы слоев дорожных одежд:
а – однослойных; б – двухслойных; в – трехслойных

Расчетные значения модулей упругости для дорожно-строительных материалов и грунтов приведены в табл. 9, 10.

Таблица 9

Расчетные значения характеристик грунтов

Наименование грунта	Тип местности	Модуль упругости, МПа	$\varphi_{ср}$, град	$C_{ср}$, МПа
Супесь легкая	1	57	36	0,014
	2	55	36	0,014
	3	54	36	0,013
Песок пылеватый	1	84	37	0,022
	2	80	37	0,019
	3	78	37	0,018
Суглинок легкий и тяжелый, глина	1	59	22	0,026
	2	47	20	0,022
	3	43	19	0,020
Супесь пылеватая, тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	1	48	19	0,018
	2	43	17	0,015
	3	40	16	0,014

Таблица 10

Расчетные характеристики материалов для конструктивных слоев дорожных одежд [8]

Материал	Модуль упругости, МПа
Щебень, фракционированный I-III класс прочности, уложенный по способу заклинки: - из прочных осадочных пород - из изверженных пород	350-450 250-350
Гравийные материалы (в зависимости от зернового состава): Зерен крупнее 2 мм Зерен мельче 0,5 мм	
85 % 3 %	250-270
70 % 7 %	200-230
60 % 10 %	170-200
Металлические шлаки: - активные - малоактивные	350-450 200-300
Пески: - крупные и гравелистые - средней крупности	120 100
Песчано-гравийные смеси №1, 2, 3 по ГОСТу 25607-83	180

Для практических расчетов используется номограмма (рис. 23).

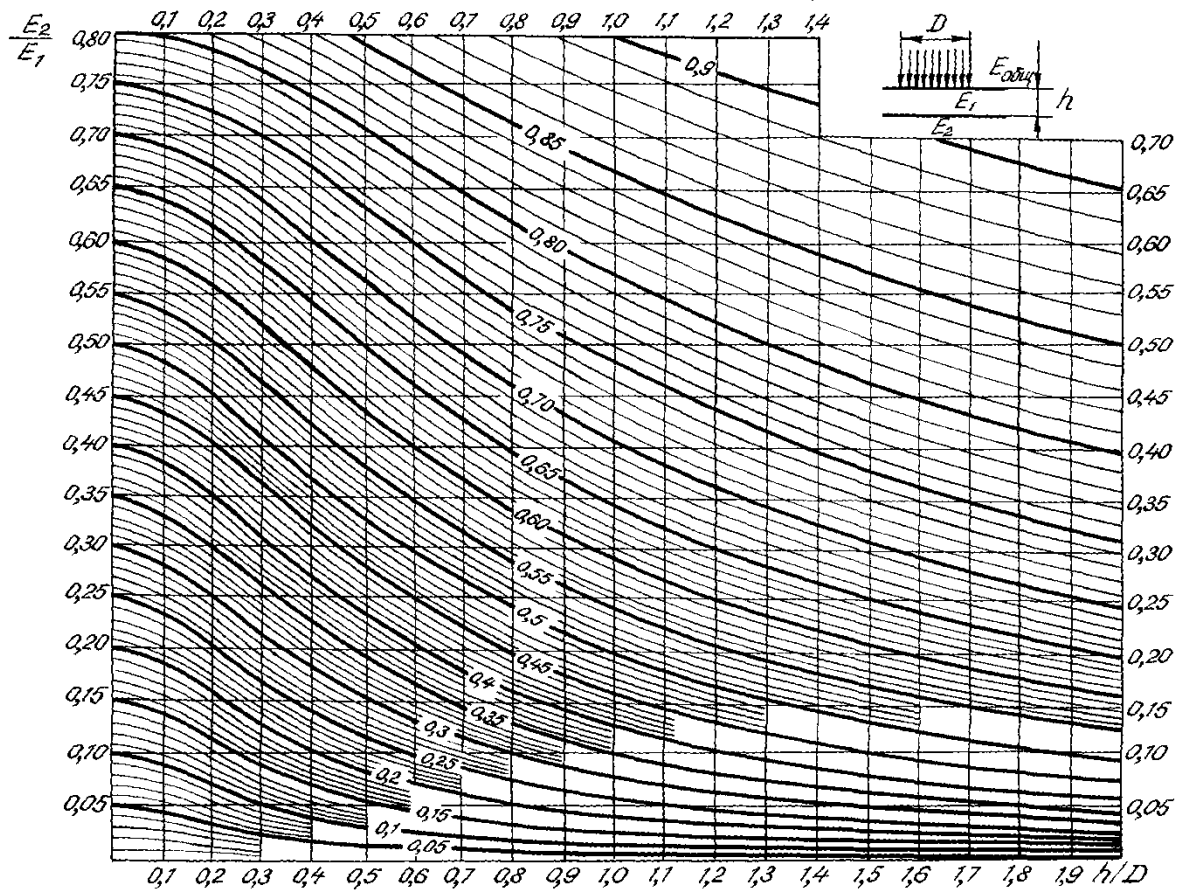


Рис. 23. Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы $E_{\text{экв}}$

Расчет однослойной дорожной одежды (см. рис. 22, а) заключается в определении толщины дорожной одежды h и проводится следующим образом.

1. Находят соотношения $E_0/E_1 = a$ и $E_{\text{экв}}/E = b$.
2. По номограмме (см. рис. 23) на пересечении горизонтальной линии по величине a , и кривой при b находят точку, которая соответствует вертикальной линии с отношением $h/D = c$
3. Из последнего соотношения следует, что $h = cD$.

Расчет двухслойной дорожной одежды (рис. 22, б) заключается в определении толщины одного из слоев, при этом толщина второго слоя задается. Порядок расчета при заданной толщине нижнего слоя следующий.

1. Находят соотношения $E_0/E_1 = a$ и $h/D = b$.

2. По номограмме (см. рис. 23) на пересечении горизонтальной линии при ее значении, равном a и вертикальной при значении, равном b , находят точку, которой соответствует кривая с отношением $E_{\text{ЭКВ}}/E_1 = c$.

3. Из последнего соотношения следует, что $E_{\text{ЭКВ}} = cE_1$.

4. Из отношения $E_{\text{ЭКВ}}/E_2 = a'$ и $E_{\text{ТР}}/E_2 = b'$.

5. По номограмме (рис. 23) на пересечении горизонтальной при ее значении, равном a , и кривой при значении b' находят точку, которой соответствует вертикальная линия с отношением $h_2/D = c'$.

6. Из последнего соотношения следует, что $h_2 = c'D$.

Таким образом выяснили, что расчет многослойной одежды ведется в несколько приемов по числу слоев одежды и заключается в определении эквивалентного модуля деформации, на поверхности каждого слоя одежды, начиная с нижнего или верхнего слоя.

Дойдя до верхнего или нижнего слоя, толщину последнего определяют обычным способом, как для однослойной одежды, находящейся на земляном основании. Толщину остальных слоев одежды задают.

3. СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

3.1. Организация работ по строительству лесовозных автомобильных работ

Строительство современного лесозаготовительного предприятия и в его составе лесовозной дороги представляет собой сложный комплекс работ.

Весь комплекс дорожно-строительных работ подразделяется на линейные и сосредоточенные [12].

Сосредоточенные работы характеризуются большими объемами и неравномерным расположением их по длине трассы. К ним относят земляные работы с объемом на 1 км, превышающим средний объем земляных работ на дороге в 3 раза и более, а также устройство средних мостов, тоннелей, производственных предприятий, пересечений в разных уровнях, комплексов дорожной и автотранспортной служб.

Главный метод организации работ по строительству автомобильной дороги – поточный, основой которого является комплексный поток, где выполнение линейных и сосредоточенных работ по трассе

должно быть увязано по времени и в пространстве с таким расчётом, чтобы линейные работы выполнялись без перерыва, то есть выполнение сосредоточенных работ должно опережать выполнение линейных работ.

Линейный характер дорожных объектов способствует успешному применению поточного метода организации дорожно-строительных работ. Сущность поточного метода в специфических условиях дорожного строительства состоит в следующем:

– в равные короткие промежутки времени (смена, сутки) заканчивается строительство равных по длине участков дороги, причем готовая дорога наращивается непрерывной лентой в одном направлении;

– все работы выполняют механизированные отряды (подразделения), специализированные по основным видам работ и оснащенные соответствующим образом подобранными комплектами дорожно-строительных машин;

– специализированные отряды равномерно друг за другом передвигаются по строящейся дороге и последовательно выполняют все строительные-монтажные работы;

– после прохода последнего отряда дорога полностью готова к сдаче в эксплуатацию.

Поточный метод имеет ряд существенных преимуществ перед другими методами организации работ:

1) ввод дороги в действие, (во временную эксплуатацию) осуществляют непрерывно и равномерно с первых дней развертывания всех работ потока. Благодаря этому улучшаются условия работы строительного транспорта, использующего готовые участки дороги для подвозки строительных материалов. Транспорт общего пользования также сможет задолго до конца строительства передвигаться по законченной части дороги, что ускоряет её окупаемость в народном хозяйстве;

2) концентрация средств механизации в специализированных отрядах обеспечивает лучшее их использование, создаёт благоприятные условия для обслуживания и ремонта, облегчает контроль за работой машин. Всё это в конечном счете приводит к повышению производительности каждой машины и снижению себестоимости механизированных работ;

3) специализация рабочих на выполнение ограниченного числа производственных операций способствует повышению их квалификации, что также ведет к повышению производительности труда и снижению себестоимости работ;

4) сосредоточение производства работ на относительно небольшом участке дороги облегчает оперативное руководство работами и контроль за их качеством;

5) вся система поточного строительства обеспечивает повышение общей культуры производства работ, облегчает учёт выполнения планов работ, сокращает сроки оборачиваемости материальных и денежных средств и объём незавершенного производства.

Факторами, способствующими, развитию и внедрению поточного метода организации работ в дорожном строительстве, являются:

– научная разработка основ организации дорожного строительства;

– разработка прогрессивной технологии производства дорожно-строительных работ;

– оснащение дорожно-строительных организаций в достаточном количестве современными средствами механизации.

Основной организационной единицей при поточном строительстве автомобильных дорог является специализированный (или частный) поток.

Каждый частный поток состоит из отдельных участков, на которых специализированные звенья выполняют определённые рабочие операции. Такие участки называют захватками. Длину захватки, как правило, принимают равной сменной производительности потока; иногда захватки бывают двух-, трёхсменными.

Между частными и специализированными потоками, а иногда и между отдельными захватками устраивают резервы (технологические, операционные), измеряемые количеством смен.

В зависимости от характера и объёмов строительных работ рекомендуется выполнять прорубку просеки и основные работы. Основные работы производятся комплексным потоком, в составе которого отдельные его звенья выполняют линейные и сосредоточенные работы.

Линейные работы:

– подготовка дорожной полосы (восстановление трассы, очистка трассы от камней, кустарника, спиливание и корчевка пней, снятие растительного слоя) и строительство труб;

– возведение земляного полотна (из привозного грунта) и рекультивация нарушенных земель;

– устройство дорожной одежды отдельными звеньями, обустройство дороги в составе комплексного потока.

Сосредоточенные работы:

- устройство искусственных сооружений (средние и большие мосты, тоннели, производственные предприятия, пересечения в разных уровнях, комплексы дорожной и автотранспортной служб);
- земляные работы в местах высоких насыпей и глубоких выемок (объём работ на 1 км в три и более раза выше среднего).

Определение темпа потока. Длина участка готовой дороги, построенной за одну смену, называется темпом или скоростью комплексного потока и определяется по формуле

$$V = L / (T_{см} - N_p), \quad (40)$$

где V – темп потока, м/день;

L – длина дороги, которую необходимо построить, м;

N_p – период развёртывания комплексного потока, дн.;

($N_p = (20...30)$ рабочих дней).

Длина захватки должна быть кратна 25. Следующая длина захватки должна быть 50 (75, 100, 125... и т.д.)

3.2. Подготовка дорожной полосы

3.2.1. Восстановление и закрепление трассы

При восстановлении трассы первоначально устанавливают положение оси дороги, которое было закреплено в процессе изысканий, поэтому перед началом строительства на местности восстанавливают и закрепляют ось трассы (рис. 24, а) [13].

До начала сооружения земляного полотна выполняют следующие работы: выносят все углы поворота и все пикеты на границу полосы отвода; закрепляют вершины углов поворота и створных точек на длинных прямых; закрепляют пикеты и плюсовые точки; разбивают круговые и переходные кривые, промежуточные точки; разбивают и закрепляют оси искусственных сооружений; проверяют отметки существующих реперов и устанавливают дополнительные реперы; проверяют продольным нивелированием все точки.

На прямых участках дороги закрепление производят через 200...400 м (в зависимости от рельефа местности). На границах полосы отвода устанавливают выносные столбы и между ними выставляют промежуточные выносные колья. На криволинейных участках

трассы выносные столбы располагают через 100 м, на линии перпендикулярной к касательной кривой (рис. 24, б).

Промежуточные точки на кривых разбивают через каждые 5, 10 или 20 м в зависимости от радиуса кривой.

Вершины углов поворота закрепляют установкой столбов, которые закапывают на расстоянии 0,5 м от фактической вершины угла на продолжении его биссектрисы. На этом столбе указываются: порядковый номер угла, радиус, тангенс и биссектриса кривой.

На виражах, переходных кривых, серпантинах ось дороги закрепляют в соответствии с местом положения и рельефом местности.

Высотные отметки закрепляют реперами через каждые (1000...2000) м, в зависимости от рельефа местности.

При восстановлении трассы закрепляют на местности земельные угодья, отводимые для резервов и карьеров, для размещения производственных зданий. Во время этих работ границы земельных участков обозначают бороздами, столбами, узкими просеками, отметками на отдельных деревьях.

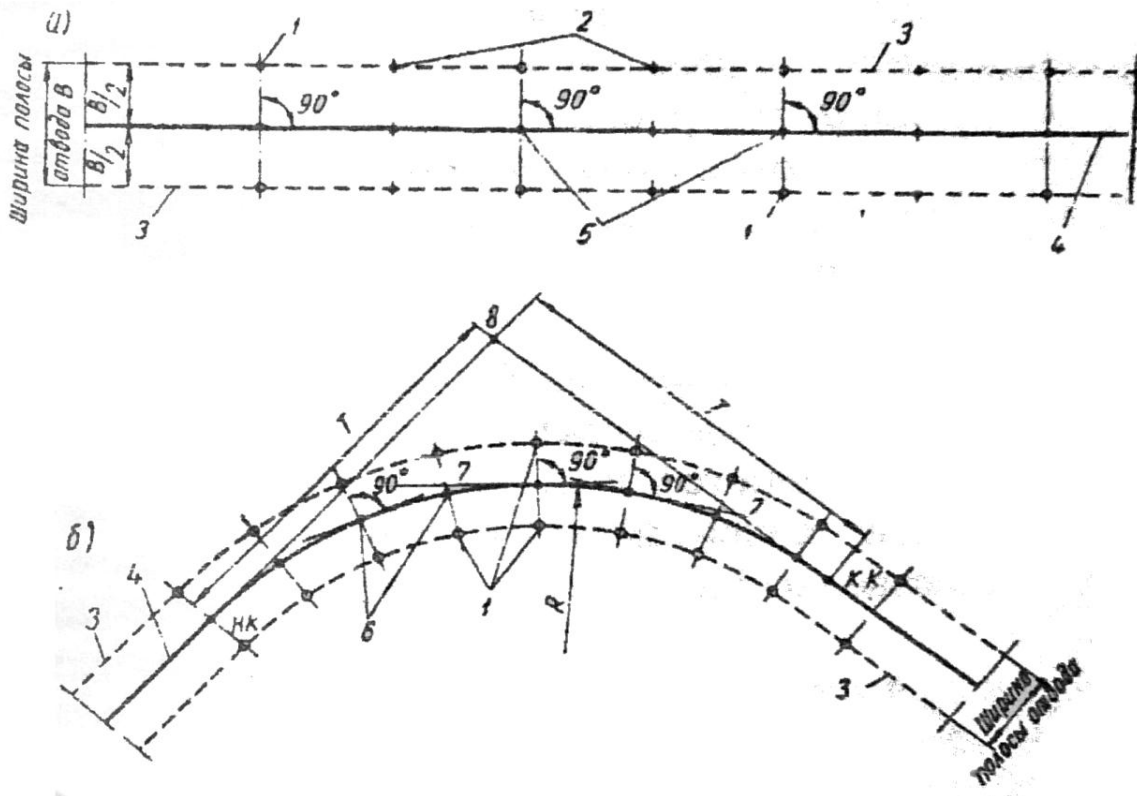


Рис. 24. Закрепление оси дороги: а – на прямом участке трассы; б – на кривой; 1 – выносной столб с отметкой; 2 – выносные кольца; 3 – граница полосы отвода; 4 – ось дороги; 5 – чётные пикеты (точки со сторожками); 6 – пикеты (точка и сторожок с надписью); 7 – касательная к кривой; 8 – вершина угла

Земли для пользования отводят с учётом охраны природы, рационального использования сельскохозяйственных земель и естественных природных ресурсов.

Размеры полосы отвода определяются по ширине подошвы насыпи и размером выемки поверху с учётом размещения боковых канав. Закреплённую дорожную полосу оформляют в виде плана отводимых земель с приложением журнала закрепления.

3.2.2. Расчистка полосы отвода и дорожной полосы

Полосу земли, отведённую для размещения дороги, расчищают от леса, кустарника, пней и крупных камней.

Работы по расчистке дорожной полосы разделяют на зимние и весенние. Зимой обычно производят валку, трелёвку и вывозку леса. Пни и кустарники корчуют весной.

Расчистку дорожной полосы выполняют поточным методом.

Деревья, кустарники и валуны удаляют на ширину, равную наружным бровкам водоотводных канав или боковых резервов, увеличивая на 1 м в каждую сторону от бровки, на остальной части дорожной полосы ограничивают выборочное удаление деревьев и кустарника в соответствии с требованиями эстетики и лесоохраны.

До валки леса вырубает мелколесье, срезают кустарник для удобства проведения валочных работ. На сырых и заболоченных местах лес вырубает для осушения грунтов. Если участок дороги подвержен снежным заносам с наветренной стороны (господствующее направление ветра зимой), оставляют защитную полосу леса и кустарников.

Кустарник и мелколесье убирают кусторезами, бульдозерами, корчевателями-собирателями. На трассе предварительно деревья диаметром более 30 см спиливают. Затем намечают схему расчистки дорожной полосы. Срезанные деревья и кустарник убирают за пределы дорожной полосы корчевателями-собирателями с широким отвалом.

Удаление камней производят следующим образом:

- мелкие камни, расположенные на поверхности земли или втоптаные в неё, удаляют рыхлителем;
- большие камни (валуны) первоначально дробят взрывными зарядами на куски, а затем удаляют бульдозером;
- мелкие камни не удаляют с дорожной полосы, если $H_n > 1,5$ м, при меньшей высоте мелкие камни удаляют либо закапывают вне пределов подошвы насыпи на глубине не менее 30 см;
- валуны объёмом до 1 м³ удаляют бульдозером;

- валуны объемом от 1 м³ до 2 м³ убирают с использованием троса;
- валуны объемом более 2 м³ дробят зарядами на куски.

Корчевка пней производится весной (после окончания весенней распутицы), когда грунт имеет достаточную влажность. При насыпи высотой от 1,5...2,0 м корни не корчуются, а срезаются заподлицо с землёй.

Корчевка пней с использованием бульдозера проводится по следующей технологии: бульдозер упирают отвалом в пень и постепенным движением вперед опрокидывают его набок. Затем нож бульдозера заглубляют на 15...20 см ниже поверхности земли и движением вперед с одновременным поднятием отвала переворачивают пень. Выкорчеванный пень перемещают к границе полосы отвода в кучи. Очень крупные пни, диаметром более 50 см, удаляют зимой взрывным способом. Ямы, оставшиеся после корчевки пней, засыпают и уплотняют грунтом послойно [13].

3.3. Валка деревьев

Расчистка полосы от леса является наиболее трудоемкой работой по подготовке дорожной полосы. Лесная растительность является ценным природным продуктом, который используют в строительстве и промышленности, поэтому работы по расчистке дорожной полосы от леса и кустарника выполняют таким образом, чтобы получить древесину лучшего качества без потерь.

Лес можно убирать в любое время года, однако качество древесины лучше, если деревья спиливают в зимнее время. В то же время облегчается проезд по грунтовым дорогам, меньше загружен транспорт и уменьшается потребность в рабочих для выполнения работ по непосредственному строительству дороги. В связи с этим расчистку дорожной полосы от леса целесообразно вести в зимний период (рис. 25) [13].

Валку деревьев при сплошной рубке осуществляют бензомоторными пилами и валочными машинами.

Для обеспечения безопасности работ перед спиливанием деревьев необходимо убирать кустарник и низко расположенные сучья. От правильности подпила зависит эффективность и безопасность валки деревьев. Деревья спиливают с пня при помощи гидравлических клиньев, валочных вилок или специальных лопаток. В процессе валки следует учитывать направление ветра. Зависшие деревья снимают трелевочным трактором или лебедкой.

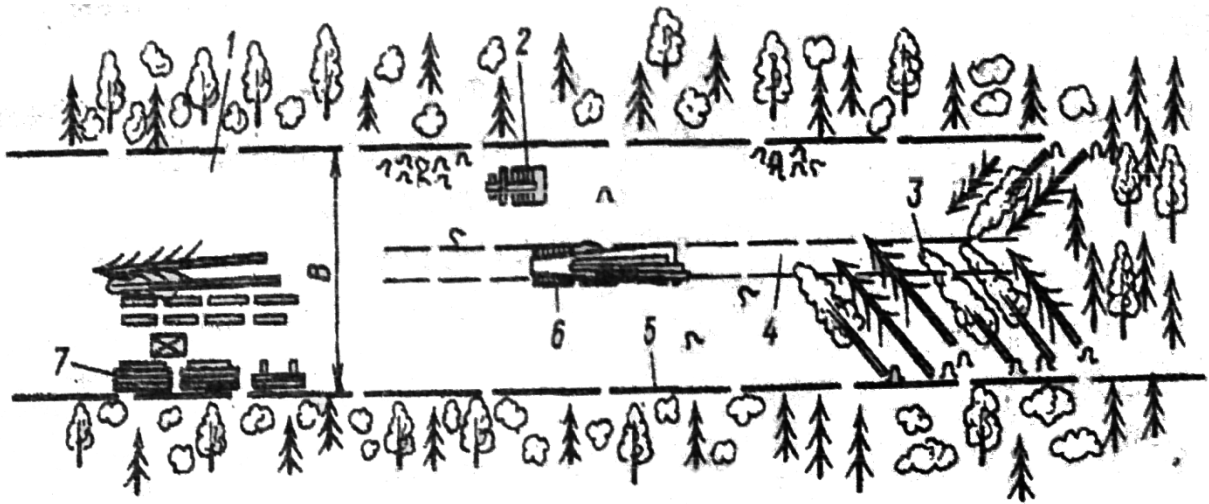


Рис. 25. Техническая схема прорубки трассы: 1 – разделочная площадка; 2 – корчеватель; 3 – поваленные деревья; 4 – трелевочный волок; 5 – граница полосы отвода; 6 – трелевочный трактор; 7 – штабеля деревьев; В – ширина полосы отвода

Спиленные деревья очищают от сучьев и транспортируют на промежуточный склад трелевочным трактором. Для погрузки деревьев на транспортные средства используют погрузчики.

3.4. Строительство искусственных сооружений

Искусственные сооружения должны обеспечивать безопасность и бесперебойность движения транспорта, а также пропуск высоких вод.

Стоимость искусственных сооружений составляет в равнинной местности около 10 %, в горной и сильно пересеченной местности до 25 % от общей стоимости дороги. На каждом пересекаемом дорогой водотоке устраивают одно водопропускное сооружение.

На магистралях автомобильных лесовозных дорог строят постоянные железобетонные или деревянные многопролетные мосты и укладывают сборные железобетонные или из гофрированного металла трубы. На ветках строят постоянные и временные деревянные однопролетные и многопролетные мосты.

При пропуске одного и того же количества воды трубы более экономичны по сравнению с мостами и сохраняют непрерывность дорожной одежды.

Разбивка искусственных сооружений производится после очистки дорожной полосы от пней, мелкого леса и кустарника (рис. 26).

Разбивка искусственных сооружений.

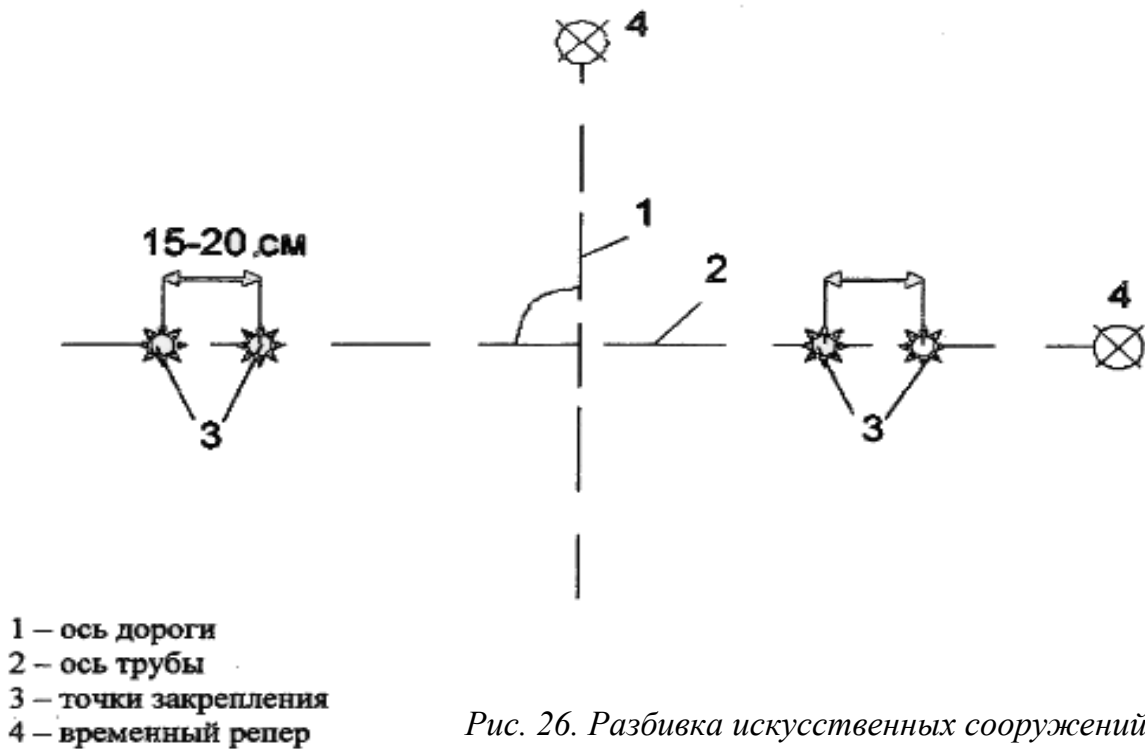


Рис. 26. Разбивка искусственных сооружений

Монтаж трубы (рис. 27) с укладкой блоков фундамента начинают в направлении от выходного оголовка к входному с оставлением деформационных швов [13].

Железобетонные конструкции доставляются автотранспортом. Погрузка, разгрузка и укладка железобетонных конструкций производится автомобильным краном КС – 2561 грузоподъемностью 10 т. Устройство котлованов для круглых труб производится бульдозером ДЗ-171.1. Для устройства щебеночной подготовки под тело трубы и оголовки используется щебень. Щебень, бетон для укрепления и другие материалы подвозятся автосамосвалами.

Звенья труб устанавливаются на предварительно очищенное место и сразу в проектное положение с выверкой деревянными клиньями.

Швы между звеньями заполняют проваренной в битуме паклей, а затем заливают битумной мастикой. Сверху в местах стыков накладывают полосы двухслойной рулонной гидроизоляции.

Поверхность трубы, которая соприкасается с грунтом, обмазывается битумом при температуре 150...170 °С. С внутренней стороны стыки швов заделываются цементным раствором.

Гидроизоляцию выполняют на наружной поверхности трубы. Внутреннюю поверхность покрывают лаком, который служит средством для ухода за железобетонными трубами и в процессе эксплуатации предохраняет трубы от воздействия воды.

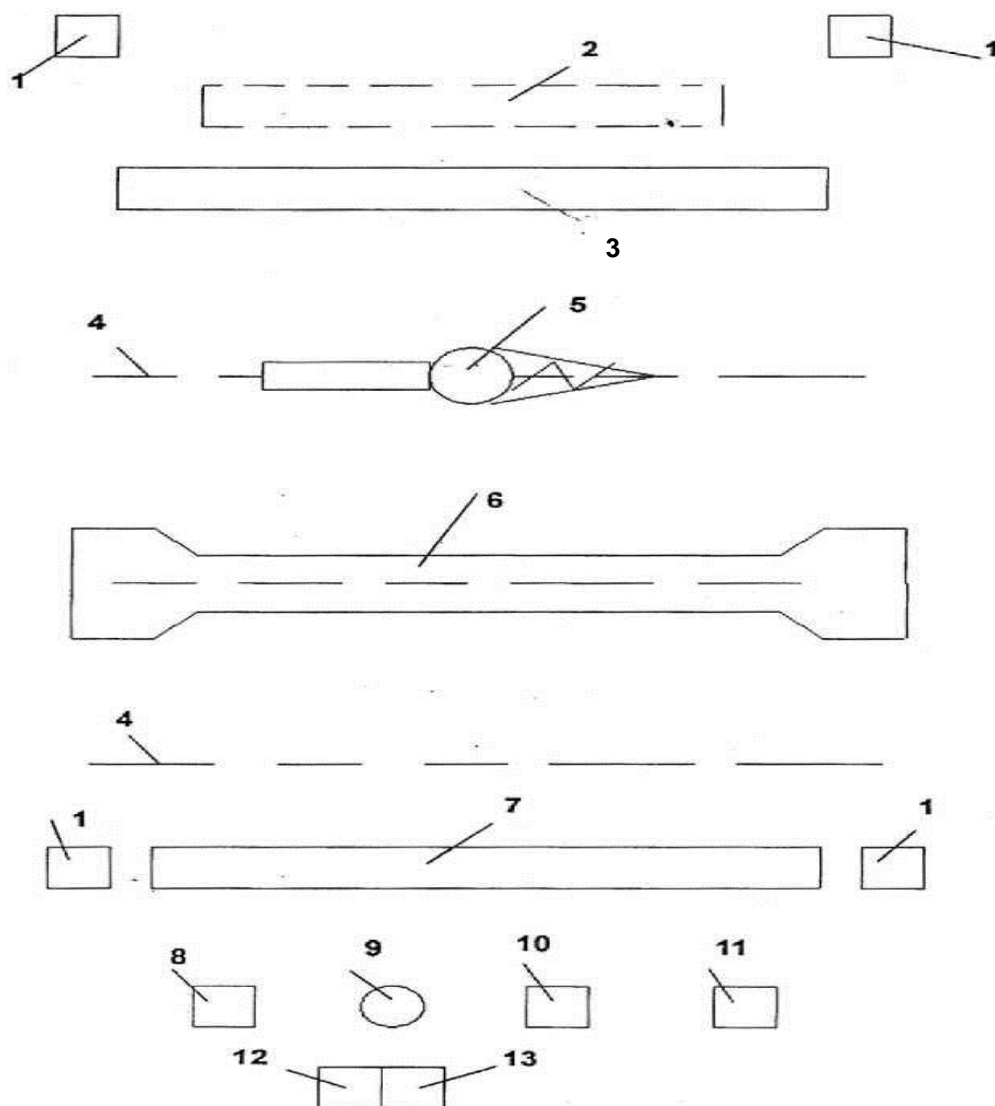


Рис. 27. Схема монтажной площадки трубы: 1 – склад блоков оголовков, 2 – склад фундаментов, 3 – склад лекальных блоков, 4 – путь движения крана, 5 – кран, 6 – контур трубы, 7 – склад звеньев трубы, 8 – емкость с цементом, 9 – бетономешалка, 10 – емкость с водой, 11 – электростанция, 12 – склад щебня, 13 – склад песка

Засыпку трубы производят с обеих сторон горизонтальными слоями толщиной 15...20 см с уплотнением. При отметке над трубой до 0,5 м уплотнение осуществляют электро- и пневмотрамбовками, при отметке более 0,5 м – тяжелыми катками.

3.5. Возведение земляного полотна

Земляное полотно автомобильной дороги сооружается комплексно-механизированным способом с применением средств механизации в зависимости от принятой технологии и установленных сроков выполнения работ (рис. 28).

Технологическая карта возведения земляного полотна из грунта боковых резервов бульдозером

№ сменных захваток	1	2	3	4	5	6	7	8	
Номера и наименования процессов	1. Снятие растительного слоя грунта и перемещение его за пределы резервов. 2. Уплотнение основания насыпи	3. Разработка и перемещение грунта в насыпь для отсыпки нижнего слоя. 4. Разравнивание грунта в насыпи	5. Увлажнение грунта водой. 6. Уплотнение нижнего слоя насыпи	7. Разработка и перемещение грунта в насыпь для отсыпки среднего слоя. 8. Разравнивание грунта в насыпи	9. Увлажнение грунта водой. 10. Уплотнение среднего слоя	11. Разработка и перемещение грунта в насыпь для отсыпки верхнего слоя. 12. Разравнивание грунта в насыпи	13. Увлажнение грунта водой. 14. Уплотнение верхнего слоя	15. Планировка откосов насыпи и боковых резервов. 16. Планировка насыпи и дна резервов. 17. Покрытие растительным грунтом откосов насыпи и резервов	
Длина захватки, м	200	200	200	200	200	200	200	200	
Направление потока	←	←	←	←	←	←	←	←	
Машины потребные на каждую захватку, и их загрузка на захватках	Бульдозер ДЗ-171 (1,0) Каток на пневматических шинах ДУ-101 №1(0,4), №2(0,1)	Бульдозер ДЗ-171 №2(1,0), №3(0,2)	Поливомоечная машина МД-433-03 №1 (0,9) Каток на пневматических шинах ДУ-101 №2(0,8)	Бульдозер ДЗ-171 №4(0,6), №4(0,4), №5(0,2)	Поливомоечная машина МД-433-03 №2 (0,8) Каток на пневматических шинах ДУ-101 №3(0,8)	Бульдозер ДЗ-171 №5(0,7), №3(0,2)	Поливомоечная машина МД-433-03 №3 (0,6) Каток на пневматических шинах ДУ-101 №4(0,6)	Автогрейдер ДЗ-122 №1(0,9) Бульдозер ДЗ-171 №6,7(0,7) Каток на пневматических шинах ДУ-101 №4(0,4)	

Рис. 28. Технологическая карта возведения земляного полотна из грунта боковых канав бульдозерами

В процессе строительства автомобильных дорог происходит массовое перемещение различных строительных грузов.

По назначению, увязке с другими видами работ, по применяемым транспортным средствам и дальностям возки транспортные работы на дорожном строительстве делят на две группы [13].

К *первой группе* относят транспортные работы, являющиеся составной частью технологического процесса строительно-монтажных работ или производственного предприятия. Примерами работ первой группы являются:

- перемещение грунта при сооружении земляного полотна на короткие расстояния (1000 м) землеройными машинами-бульдозерами, скреперами и т.п.;

- перемещение строительных материалов (камень, кирпич, металл, бетонные блоки, лесоматериалы) на строительстве мостов и гражданских зданий в пределах строительной площадки с помощью транспортеров, строительных кранов, автопогрузчиков, тельферов и т.д.;

- перемещение щебня, песка, гравия из штабелей к смесительным и дозировочным установкам с помощью ленточных транспортеров, канатных скреперов, бульдозеров, узкоколейных вагонеток и т.п.;

- перемещение цемента, минерального порошка, извести со складов к смесительным и дозировочным установкам по трубопроводам или с помощью транспортеров;

- перекачка битумов, дегтей, различного жидкого топлива, воды по трубопроводам и т.п.

Организация работы технологического транспорта полностью подчинена требованиям общей схемы технологического процесса. Ее разрабатывают при составлении технологических карт на соответствующие строительно-монтажные или заготовительные работы.

Ко *второй группе* относят транспортные работы по доставке различных материалов, полуфабрикатов и готовых изделий с мест их заготовки к местам потребления. Примерами транспортных работ второй группы являются:

- перевозка дорожно-строительных материалов (щебень, гравий, песок) из карьеров на дорогу или на производственные предприятия (АБЗ, ЦБЗ);

- перевозка различных битумо-минеральных и цементобетонных смесей с территории изготовляющих предприятий на дорогу;

- транспортировка продукции промышленности (цемент, битум, лесоматериалы и т.п.) по железной дороге, водным путям сообщения

или автомобилями на перевалочные и центральные склады, строительства и далее со складов к местам потребления.

Как правило, организация транспортных работ стремится удовлетворить, в первую очередь, требования, вытекающие из организации строительно-монтажных и заготовительных работ. Направление и дальность перевозок, объем перевозимых грузов устанавливают в процессе проектирования организации строительно-монтажных и заготовительных работ. Однако значительная стоимость транспортных работ и необходимость обеспечить целесообразное, с высокой производительностью использование транспортных средств иногда требует вносить изменения в первоначально намеченную организацию отдельных специализированных потоков или заготовительных работ. При организации транспортных работ учитывают также сезонные особенности дорожного строительства. Обычно на строительно-монтажных работах, выполняемых непосредственно на дороге, потребность в транспортных средствах возрастает летом и снижается зимой. Поэтому с целью максимального использования зимнего периода и снижения потребности в транспортных средствах летом возможно большие объемы транспортных работ планируют на зимний период. Зимой завоз материалов намечают на участки, наиболее удаленные от источников снабжения. Планируют наиболее «невыгодные» (но неизбежные по общей схеме организации строительства) транспортные работы, на которых на каждую тонну завезенных грузов приходится максимальное (по сравнению с другими участками) количество километров пробега. На зиму намечают также перевозки грузов автомобилями с максимальным использованием снежных и ледяных подъездных путей и переправ. Эти пути можно прокладывать по кратчайшим расстояниям, сокращая дальность перевозок грузов. Зимние, временные, дороги целесообразно использовать на заболоченных участках, характеризующихся плохой проходимостью в летних условиях.

Транспорт, обслуживающий строительство автомобильных дорог (транспортные работы второй группы), условно разделяют на внешний и внутренний.

Внешним называют транспорт, осуществляющий доставку материалов на строительство из пунктов снабжения, расположенных вне района строительства. Основными грузами внешнего транспорта являются материалы промышленности (цемент, битум, металл, топливо и смазочные материалы и т.д.), а также каменные материалы, если их нет в районе строительства.

Внутренним называют транспорт, осуществляющий перевозку строительных грузов внутри района строительства. Этот транспорт полностью подчинен дорожно-строительной организации.

3.5.1. Подготовка основания

При проведении подготовительных работ следует учитывать ширину земляного полотна, которая зависит от категории дороги и толщины дорожной одежды [12, 13, 14].

Грунт уплотняют 16-, 30-тонными катками на пневматических шинах. Особенно важно доуплотнение грунта непосредственно в пределах проезжей части для обеспечения ровности и прочности покрытия.

Доуплотняют челночными проходами катков, начиная от бровок земляного полотна с перемещением при каждом проходе ближе к оси на $\frac{2}{3}$ уплотняемой полосы. Неровности, оставшиеся на земляном полотне после катков на пневматическом ходу, заглаживают за два-три прохода двух- или трехвальцовым катком, масса которых 8...10 т.

3.5.2. Разравнивание и уплотнение грунта

Земляное полотно в большинстве случаев возводят примерно за год до начала работ по строительству дорожной одежды. За этот период под воздействием природных факторов и движения грузовых автомобилей, обслуживающих строительство дороги, земляное полотно доуплотняется. При насыщении водой и замерзании зимой пылеватые пористые грунты разуплотняются, если степень их уплотнения не была высокой, а коэффициент уплотнения был меньше единицы. Во избежание разуплотнения грунтов необходимо проводить их усиленное уплотнение при возведении земляного полотна. Для этих целей применяют повышенный коэффициент уплотнения в размере 1,1. Для достижения такой степени уплотнения необходимо повышение массы катков и применение более эффективных уплотняющих средств. Происходившее движение автомобилей, с одной стороны, способствует доуплотнению земляного полотна, с другой – приводит к образованию колеи и нарушению ровности поверхности. Тяжелые суглинки при увлажнении превращаются в месиво и задерживают сток воды с земляного полотна. Поэтому до начала уплотнения необходимо отвести воду, высушить грунт и провести планировочные работы для выравнивания и придания поперечного уклона земляного полотна от оси к краям по величине, равной проектному поперечному уклону покрытия. Работы по подготовке земляного полотна начинают проводить,

когда грунт подсохнет и достигнет оптимальной влажности, не будет липнуть к отвалу автогрейдера или вальцам катка. Планировку проводят автогрейдером, круговыми проходами по захватке. Длина захватки должна быть равна двойной длине последующих захваток, так как подготовительные работы могут быть выполнены за одну дневную смену ввиду их малой трудоемкости при сравнительно высокой производительности автогрейдеров и катков.

Уплотнение, верхнее доуплотнение грунта проводят 16-, 30-тонными пневмоколесными катками. При отсыпке верхней части земляного полотна для дорог с капитальным типом покрытия в пределах 1,5 м от поверхности покрытия во II и III ДКЗ коэффициент требуемой плотности грунта должен быть 0,98...1,0, в пределах от 1,5 до 6 м при условии неподтопляемости – 0,95, а более 6 м – 0,98 (табл. 11). Особенно важно доуплотнение грунта непосредственно в пределах проезжей части для обеспечения ровности и прочности покрытия.

Таблица 11

Минимальный требуемый коэффициент уплотнения

Вид земляного полотна	Часть земляного полотна	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия	Усовершенствованные, облегченные и переходные типы покрытий	
			K_v в ДКЗ	
			II, III	IV, V
Насыпь	Верхняя	До 1,5	1,00; 0,98	0,95
	Нижняя не подтапливаемая	1,5 – 6,0	0,95	0,95; 0,90
		Более 6,0	0,98	0,95; 0,90
	Нижняя подтапливаемая	1,5 – 6,0	0,95	0,95
Более 6,0		0,98	0,95	
Выемки и естественные основания низких насыпей	В слое сезонного промерзания	До 1,2	0,98; 0,95	0,95
	Ниже слоя сезонного промерзания	Более 1,2	0,95; 0,92	0,90

Примечание. Меньшие значения для переходных типов покрытия.

В отдельных случаях при возведении насыпи в год строительства дорожной одежды в целях повышения устойчивости и прочности доуплотняют земляное полотно трамбуемыми машинами или плитами, подвешенными к экскаватору. Этим обеспечивают при сыпучих грунтах большую глубину уплотнения по сравнению с катками. Кроме того, динамическое воздействие плит, сотрясая все земляное полотно,

приводит к лучшему взаимному перемещению частиц грунта и повышению его плотности. Такое уплотнение особенно необходимо, если насыпь не доведена до требуемой степени уплотнения, особенно в верхней части.

Желательно поверхностный слой земляного полотна улучшать мелкозернистым материалом: песком, золой уноса, котельным шлаком и т.д. В этом случае после разравнивания материал перемешивают с грунтом автогрейдерами с кирковщиками, затем после разравнивания уплотняют тяжелыми катками на пневматических шинах.

3.5.3. Определение количества слоев возводимой насыпи

Количество конструктивных слоев n_c (рис. 29), из которых возводится насыпь земляного полотна, определяют по формуле

$$n_c = \frac{(H_{cp} - h_{до})}{h_i}, \quad (41)$$

где H_{cp} – средняя рабочая отметка насыпи, м;

$h_{до}$ – толщина дорожной одежды, м;

h_i – толщина конструктивного слоя, м.

Толщина слоя выбирается в зависимости от требуемого коэффициента уплотнения и типа уплотняющей машины (табл. 11). Основными машинами при уплотнении земляного полотна являются пневмоколесные и кулачковые катки.

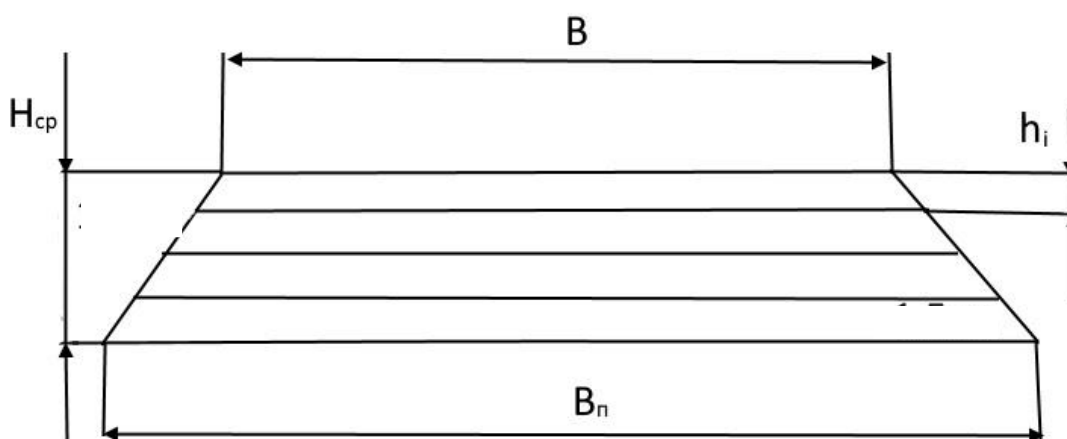


Рис. 29. Послойная схема земляного полотна:

B – ширина земляного полотна; B_n – ширина земляного полотна понизу;
 h_i – толщина отсыпаемого слоя насыпи; H_{cp} – средние рабочие отметки насыпи

3.5.4. Определение объемов работ на послойную разработку грунта для насыпи, его разравнивание и уплотнение

Ширина каждого слоя насыпи при послойном возведении земляного полотна, определяется по зависимости

$$B_i = B + 2m(H_{cp} - \sum h_i), \quad (42)$$

где B – ширина земляного полотна поверху, м;

m – заложение откоса насыпи;

h_i – толщина отсыпаемого слоя насыпи, м.

Ширина земляного полотна поверху определяется по зависимости

$$B = B_{зп} + 2mh_{до}, \quad (43)$$

где $B_{зп}$ – ширина земляного полотна поверху в зависимости от категории дороги, м;

Объем грунта в каждом слое насыпи определяется по зависимости

$$V_i = (B_i h_i + mh_i^2) LK, \quad (44)$$

где B_i – ширина каждого отдельного слоя насыпи, м;

L – длина строящегося участка дороги, м;

K – коэффициент переуплотнения, $K = (1,05 \dots 1,15)$.

3.5.5. Выбор дорожно-строительных машин для выполнения земляных работ

При выборе машин (марок машин) учитывается темп и стоимость работ, трудоемкость, производительность труда, уровень механизации.

Машину нужно выбирать по максимальной ее загруженности. Для каждого вида работ количество ведущих машин определяется по зависимости

$$N_p = \frac{Q}{P_{см} N_{см} n_{см}}, \quad (45)$$

где N_p – количество рабочих машин;

Q – общий объем работ рассматриваемого вида, м³;

$N_{вр}$ – норма времени, машино-смен/ед. работ;

$P_{см}$ – сменная производительность машины, м³/смену;

$N_{см}$ – число смен работы (число рабочих дней на возведение земляного полотна), дней;

$n_{см}$ – количество смен работы в день.

Число смен работы (число рабочих дней на возведение земляного полотна) определяется по формуле:

$$N_{\text{см}} = L / V, \quad (46)$$

где L – длина участка дороги, м;

V – темп потока (длина захватки), м.

3.6. Строительство дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог

В зависимости от наличия дорожно-строительных материалов и требований, предъявляемых к ним, можно использовать один из следующих трех способов устройства слоев одежд без применения вяжущих материалов:

- из плотных минеральных смесей оптимального состава;
- способ, основанный на использовании принципа заклинки;
- устройство мостовых из штучных материалов.

В настоящее время применяются главным образом два первых способа.

3.6.1. Устройство гравийных и щебеночных покрытий

Основными типами покрытий автомобильных лесовозных дорог являются гравийные. По гравийным дорогам вывозится более 40 % древесины. Проектируются дорожные одежды по принципу плотных оптимальных смесей. Их устраивают однослойными, многослойными преимущественно серповидного профиля (см. рис. 19).

Наименьшая толщина слоя основания или покрытия в 1,5 раза должна превышать размер наиболее крупных зерен используемого каменного материала. Наименьшая толщина слоя из щебня или гравия в плотном теле должна быть не менее 0,10 м, а при укладке на песок – 0,15 м.

Для устройства щебеночных покрытий (оснований) методом заклинки размеры фракций для нижних и средних слоев принимаются 40...70 и 70...120 мм; для верхних слоев 40...70 мм; для расклинки 20...40; 10...20; 5...10 мм.

Устройство щебеночных покрытий (оснований) методом заклинки осуществляется следующим образом:

- распределение основной фракции щебня на проектную толщину с учетом коэффициента запаса на уплотнение; уплотнение слоя (первый период – обжатие) катками массой 6 т (с металлическими вальцами) или 10...16 т (с пневматическими) катками за 3...6 проходов по одному следу (до прекращения образования волны перед вальцом);

- второй период уплотнения – взаимозаклинивание, выполняют катками большой массы за 10...25 проходов по одному следу (не остаются после проходов катков следы, брошенная под валец щебенка раздавливается);

- распределение первой фракции мелкого щебня 10...40 мм (1 м³ на 100 м² покрытия), окончательное уплотнение на поверхности покрытия высевок за 4...6 проходов по одному следу.

Для уменьшения трения между щебенками и ускорения взаимозаклинивания на всех этапах уплотнения дорожную одежду следует поливать водой (15...25 л/м²).

При небольшом объеме вывозки (до 100 тыс. м³/год) в основном на ветках и усах строят дороги с грунтовым покрытием. При их устройстве грунт земляного полотна усиливают введением скелетных (гравий, щебень, шлак) или улучшающих (песок, суглинок, глина) добавок.

Грунтощебеночные смеси для оснований и покрытий должны содержать не менее 40 % (по объему) щебня с сопротивлением сжатию не менее 30 МПа. Для верхних слоев применяют щебень размером 15...70 мм, для нижних 25...100 мм.

Грунтогравийная смесь включает 25...40 % частиц размером 2...40 мм, глинистых частиц (менее 0,05 мм) не более 10 %.

Технологическая схема устройства дорожной одежды из оптимальных гравийных смесей представлена на рис. 30.

3.6.2. Строительство дорожных одежд из железобетонных плит

Лесовозные автомобильные дороги жесткой конструкции дороги строят из железобетонных плит. По количеству полос движения дороги бывают однополосными с разъездами и двухполосными с устройством гравийного или улучшенного грунтового пути в порожнем направлении. На подготовленное земляное полотно вывозят песок или песчано-гравийный материал для устройства подстилающего слоя. Доставленный материал распределяют, профилируют и уплотняют.

Номер захватки и ее длина									
Длина фронта работ	1200								
Номер операции	1,2,3	4,5,6	7	8,9	10	11,12	13,14	15	
Поперечный профиль на захватке									
Перечень технологических операций	1. Погрузка гравийной смеси для основания 2. Подвозка смеси 3. Разравнивание и планировка гравийной смеси основания		4. Подвозка и разлив воды для увлажнения гравийной смеси 5. Подкатка основания 6. Проверка профиля и ровности основания с исправлением дефектных мест вручную 7. Укатка основания	8. Погрузка гравийной смеси для покрытия 9. Подвозка смеси	10. Разравнивание и планировка гравийной смеси покрытия	11. Подвозка и разлив воды для увлажнения гравийной смеси покрытия 12. Подкатка покрытия	13. Окончательная планировка покрытия 14. Проверка поперечного профиля и ровности покрытия с исправлением дефектных мест вручную	15. Укатка покрытия	
Ресурсы на захватку	Экскаватор ЭО-3323А Автомобили-самосвалы КамАЗ65115 Автогрейдеры ДЗ-98.В.1		Комбинир. дорожная машина КДМ 4333 самоходный каток ДУ-84	Самоходный каток ДУ-84	Экскаватор ЭО-3323А Автомобили-самосвалы КамАЗ65115	Автогрейдер ДЗ 98.В.1	Комбинир. дорожная машина КДМ-4333 Самоходный каток ДУ-84	Автогрейдер ДЗ 98.В.1	Самоходный каток ДУ-84
Состав звеньев	Машинист экскаватора VI разряда Водитель автосамосвала V разряда Машинист автогрейдера VI разряда		Водитель V разряда Машинист катка V разряда Дорожные рабочие III разряда II разряда	Машинист катка V разряда	Машинист экскаватора VI разряда Помощник машиниста V разряда Водитель V разряда	Машинист автогрейдера VI разряда	Водитель V разряда Машинист катка V разряда	Машинист автогрейдера VI разряда Дорожные рабочие II разряда II разряда	Машинист катка V разряда

Рис. 30. Строительство двухслойной дорожной одежды серповидного профиля из оптимальных гравийных смесей

После укатки восстанавливают ось дороги и от нее колышками фиксируют местоположение одного колесопровода. Между колышками параллельно оси дороги натягивают шнур, по которому укладывают плиты. Расстояние между колышками на прямом участке 20 м. Положение плит второго колесопровода устанавливают по шаблону. Расстояния между внутренними гранями колесоводов различных марок машин находится в пределах 0,8...1,0м.

При укладке плит большое значение имеет правильное соединение их стыков. Превышение одной плиты над другой в стыке после укладки должно быть не более 0,5 см. Ровность основания проверяют рейкой длиной 3 м. Неровности допускаются не более 2,5 см. На прямых участках плиты укладывают с зазором 1,0...1,5 см [6]. Такой зазор обеспечивает плотную посадку стыкового бруска. Для этого при укладке плит на стыках устанавливают зазорник в 1,0 см. Укладка плит при больших объемах работ проводится плитоукладчиком, в противном случае используют стреловые автокраны.

Укладка колеяного покрытия автокраном на однополосной дороге может проводиться как при его движении задним ходом по ранее уложенным плитам, то есть кран работает «от себя», так и при его движении по хорошо подготовленному основанию передним ходом, то есть укладкой «на себя».

На двухполосной дороге автомашины подходят по порожнему пути и останавливаются параллельно автокрану, передвигаясь дальше по мере надобности. С одной стоянки кран обычно укладывает по четыре плиты.

3.6.3. Определение потребности дорожно-строительных материалов и машин для устройства дорожной одежды

Необходимое количество дорожно-строительных материалов определяют по сборнику СНиП 4.02-91; 4.05-91 [15, 16] или другим ресурсным сборникам по формуле

$$M = N V_p K_n E_n, \quad (47)$$

где M – потребность материала для устройства конструктивного слоя дорожной одежды;

N – норма потребности материала для устройства конструктивного слоя дорожной одежды;

V_p – объем выполняемых работ;

K_n – коэффициент потерь материала при транспортировке;
 E_n – единица измерения, для которой дается потребность материала, например, 1000 м^3 покрытия;

При отсутствии в сборниках норм расхода материалов их количество следует определять по геометрическим размерам конструкции с учетом коэффициентов запаса на уплотнение материала K_y , потерь материалов при производстве работ K_n , потерь материалов при транспортировке K_t :

$$M = L B h K_y K_n K_t, \quad (48)$$

где L – длина строящейся дороги, м;

B – ширина укладки слоя материала, м;

h – толщина слоя отсыпки материала, м.

Для каждого вида работ при устройстве дорожной одежды количество дорожно-строительных машин определяется по формуле (45).

3.7. Зимние лесовозные дороги

Зимние дороги относятся к дорогам сезонного действия. Они подразделяются на колеиные и бесколеиные. В настоящее время лесозаготовительные предприятия строят и эксплуатируют в основном только бесколеиные зимние транспортные сооружения.

Как показали исследования С.И. Морозова и др., освоение отдаленных лесных массивов с вывозкой по дорогам зимнего действия позволяет уменьшить транспортную составляющую в 2...2,5 раза.

Теоретические вопросы строительства зимних автомобильных дорог из снега подробно рассмотрены в работах Б.П. Вейнберга, И.В. Крагельского, Г.Д. Рихтера, Ф.А. Павлова, В.В. Буверта, А.К. Дюнина, К.Ф. Войтковского и др. Этими авторами снег рассматривается как строительный материал с особыми физико-механическими свойствами, пригодными для дорожного покрытия [2].

Виды зимних лесовозных автомобильных дорог приведены в табл. 12.

При сооружении зимних лесовозных автомобильных дорог необходимо учитывать следующее:

- снежные наезженные дороги (простейшие зимники) допускается применять только для вывозки лесоматериалов при крайне незначительном грузообороте;

- снежные улучшенные (снежно-уплотненные) дороги создаются в результате уплотнения слоя снега на спланированном земляном основании;

- снежно-ледяные дороги создаются путем периодической поливки и тепловой обработки снежных дорог. Поливные дороги, образующиеся в результате достаточно сильных поливок снежных улучшенных дорог, следует применять в местах с хорошими условиями водоснабжения из естественных источников при больших грузооборотах.

Таблица 12

Виды зимних лесовозных автомобильных дорог

Вид	Дорожные работы	Характер формирования	Условия применения
Простейший зимник	Проминка гусеничными трелевочными тракторами	Уплотненный слой снежного наката $\rho = (0,5-0,65) \text{ г/см}^3$	Лесовозные волока, лесовозные усы
Снежные улучшенные (уплотненные)	Расчистка и укатка снега	Уплотненный слой снежного наката $\rho = (0,5-0,65) \text{ г/см}^3$	Лесовозные магистрали с грузонапряженностью менее 100 тыс. т нетто/год
Снежно-ледяные бесколеиные (поливные)	Расчистка, укатка снега и поливка	Уплотненный слой снежного или снежноледяного наката $\rho = (0,65-0,75) \text{ г/см}^3$	Лесовозные магистрали с грузонапряженностью более 100 тыс. т нетто/год

Зимние дороги проектируются по нормам дорог летнего действия, но с учетом некоторых особенностей. На ледяных дорогах руководящий подъем должен быть не более 30 ‰, а при использовании многокомплектных автопоездов не более 15...20 ‰. Зимние дороги проектируются, как правило, двухполосными, лесовозные усы – однополосными.

Полоса отвода назначается: для двухполосных дорог – 12...14 м, для однополосных – 8 м, на лесовозных усах – 6 м.

Насыпи и выемки проектируют на участках грузового направления. Зимние дороги устраиваются в нулевых отметках без боковых и нагорных канав. На заболоченных участках с толщиной торфа 2 м и

более устраивается поперечный настил из дровяного долготья длиной 5...6 м, диаметром 10...16 см.

Водопропускные сооружения устраиваются лишь в случаях пересечения лесовозной дорогой постоянных водотоков или длительно незамерзающих с быстрым течением воды.

Для успешного применения зимних лесовозных автомобильных дорог необходима продолжительная устойчивая зима и благоприятные условия водоснабжения. Для таких дорог наиболее благоприятны умеренные морозы, отсутствие затяжных оттепелей и метелей. Высокая температура воздуха (оттепели) разрушающе действует на проезжую часть. В тоже время недостаточное количество снега способствует промерзанию болот и затрудняет и удорожает устройство ледяных дорог (повышенный расход воды).

На снежно-ледяных дорогах снег в течение зимы, по мере его выпадения, не убирают, а уплотняют (за исключением снега, выпавшего во время метелей) и поливают водой. К концу зимы толщина снежно-ледяного покрова достигает 0,5 м. Это позволяет удлинить сроки их эксплуатации на 8...15 дней по сравнению со снежно-уплотненными дорогами.

Одним из способов увеличения сроков эксплуатации автозимников служит применение снежно-ледяных и ледяных покрытий. Ледяные дороги строят за счет поливки проезжей части дороги водой поливочными машинами. Пик их строительства пришелся на середину прошлого века. Большой вклад в развитие теории строительства ледяных дорог и ледовых переправ внес М.М. Корунов.

4. ТЯГОВО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫВОЗА ЛЕСА

Изучением вопросов теории движения автопоездов занимается часть транспортной науки, целью которой является установление оптимальных вариантов конструкций дороги, определение массы поезда, скорости движения, времени хода поезда и т.д. [17].

На движущийся поезд действует ряд внешних сил (внутренние силы не оказывают влияния на движение поезда):

- вертикальные (масса поезда, вертикальная составляющая динамических усилий, возникающих при движении, и соответствующие реакции пути);

- горизонтальные – продольные (то есть действующие в направлении движения поезда), к которым относятся сила тяги тягача, силы сопротивления движению, тормозные силы и динамические усилия, возникающие при трогании поезда и изменении скорости движения;

- поперечные – динамические усилия, возникающие при движении поезда на кривых участках пути и в результате влияния подвижного состава на прямых участках.

При движении поезда по дороге он испытывает ряд сопротивлений, и для осуществления движения необходимо, чтобы сила тяги, развиваемая двигателем тягача, была больше сил сопротивления. Поэтому в зависимости от соотношения силы тяги F_k и сил сопротивления W различают следующие режимы движения:

$F_k > W$ – ускоренный;

$F_k = W$ – равномерный;

$F_k < W$ – замедленный.

4.1. Определение полезной нагрузки автопоезда

Масса автопоезда определяется из условия равномерного движения на руководящем подъеме.

Определяют касательную силу тяги на II передаче:

$$F_k^{\text{II}} = \frac{M_{\text{кр}} i_m \eta_m \gamma \beta}{\tau_k}, \quad (49)$$

где $M_{\text{кр}}$ – крутящий момент двигателя, Нм;

i_m – общее передаточное число силовой трансмиссии;

η_m – коэффициент полезного действия всей силовой передачи;

γ – коэффициент использования всей мощности двигателя;

β – коэффициент учета отбора мощности двигателя на привод;

τ_k – радиус ведущего колеса, м;

В расчетах рекомендуется принимать: $\gamma = (0,85 \dots 0,90)$; $\beta = (0,9 \dots 0,95)$. Скорость движения принимается по тяговым или техническим характеристикам автомобиля при условии включения второй передачи. Общее передаточное число силовой трансмиссии определяется по формуле

$$i_m = i_{\text{г.п}} i_{\text{к.п}} i_{\text{р.к}},$$

где $i_{\text{г.п}}$ – передаточное число главной передачи;

$i_{\text{к.п}}$ – передаточное число коробки передачи;

$i_{\text{р.к}}$ – передаточное число раздаточной коробки.

Вычисленная по уравнению (49) сила тяги автомобиля проверяется из условия обеспечения сцепления ведущих колес с дорожным покрытием:

$$F_k^{\text{II}} \leq F_{\text{сц}} = 1000\varphi_{\text{сц}}gM_{\text{сц}},$$

где $\varphi_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления, зависящий от типа и состояния покрытия;

$M_{\text{сц}}$ – сцепная масса тягача (на ведущих колесах), т.

В расчетах рекомендуется принимать:

$\varphi_{\text{сц}} = 0,4 \dots 0,5$ – для влажных твердых покрытий;

$\varphi_{\text{сц}} = 0,3 \dots 0,35$ – для влажных гравийных, щебеночных и грунтовых улучшенных дорог;

$\varphi_{\text{сц}} = 0,25 \dots 0,30$ – для снежных укатанных дорог.

Для дальнейших расчетов используют наименьшее (из двух) значение силы тяги.

Расчетная масса автопоезда определяется по формуле

$$M_{\text{а.п}} = \frac{F_k^{\text{II}}}{\omega_0 + g i_{\text{рук}}},$$

где $i_{\text{рук}}$ – руководящий уклон, ‰;

ω_0 – основное удельное сопротивление движению автопоезда, Н/т.

В расчетах можно принять $\omega_0 = 170 + 12,5V$, где V – расчетная скорость движения, м/с.

Полезная масса автопоезда для принятого типа прицепного состава равна

$$M_{\text{пол}} = \frac{M_{\text{а.п}} - (M_{\text{ав}} + M_{\text{пр}})}{\gamma}, \quad (50)$$

где $M_{\text{ав}}$ и $M_{\text{пр}}$ – собственная масса автомобиля и прицепного состава, соответственно, т;

γ – объемная масса древесины, т/м³.

Вычисленная по уравнению (50) полезная масса автопоезда не должна превышать номинальной грузоподъемности автомобильного прицепного состава, то есть должно соблюдаться условие $M_{\text{пол}} \leq$

$\leq \frac{G_{\text{ав}} + q_{\text{пр}}}{\gamma}$, где $G_{\text{ав}}$ и $q_{\text{пр}}$ – паспортная (номинальная) грузоподъемность автомобиля и прицепного состава, соответственно, т.

4.2. Определение скорости движения автопоезда методом равновесных скоростей

Для уменьшения объема вычислительной работы фактический продольный профиль дороги рекомендуется представить в виде профиля эквивалентного профиля, состоящего из трех элементов. Величину эквивалентных уклонов (подъема, спуска) определяют относительно грузового направления по формуле

$$i_{\text{экв(п,сп)}} = \frac{\sum i_n l_n}{\sum l_n},$$

где i_n – величина уклона (подъема, спуска) n -го элемента продольного профиля, ‰;

l_n – длина n -го элемента продольного профиля (на подъеме, спуске), ‰.

Потребную силу тяги для каждого из трех элементов (подъем, спуск, площадка) эквивалентного профиля определяем, пользуясь уравнением

$$F_k = M_{a,п} (\omega_0 \pm g i_{\text{экв}}).$$

Пользуясь тяговой характеристикой автомобиля, определяют возможные скорости движения на каждом из элементов эквивалентного профиля (на подъеме, спуске и площадке) $V_{\text{п}}$, $V_{\text{сп}}$, и $V_{\text{пл}}$.

Время хода на каждом элементе эквивалентного профиля определяем по формулам

$$t_n = \frac{\sum l_n 60}{V_n}, \quad t_{\text{сп}} = \frac{\sum l_{\text{сп}} 60}{V_{\text{сп}}}, \quad t_{\text{пл}} = \frac{\sum l_{\text{пл}} 60}{V_{\text{пл}}},$$

где $\sum l_{\text{п}}$, $\sum l_{\text{сп}}$, $\sum l_{\text{пл}}$ – протяженность подъемов, спусков и площадок эквивалентного профиля, соответственно, км;

$V_{\text{п}}$, $V_{\text{сп}}$, $V_{\text{пл}}$ – возможные скорости движения на подъеме, спуске и площадке, соответственно, км/ч.

Среднюю скорость в грузовом (порожном) направлении определяют из условия

$$V_{\text{гр}} = \frac{L 60}{t_n + t_{\text{пл}} + t_{\text{сп}}},$$

где L – длина дороги, то есть суммарная длина всех элементов продольного профиля дороги, км.

Среднетехническую скорость движения автопоезда определяют по формуле

$$V_{\text{ср.т}} = \frac{2V_{\text{гр}} V_{\text{пор}}}{V_{\text{гр}} + V_{\text{пор}}}.$$

4.3. Определение сменной эксплуатационной производительности автопоезда

Пользуясь вычисленным значением $V_{\text{ср.т}}$ и нормированными затратами времени простоев автопоезда на погрузочно-разгрузочных и других операциях, определяют его сменную производительность:

$$П_{\text{см}} = \frac{(480 - t_{\text{п.з}}) M_{\text{пол}} K_{\text{вр}}}{120 \frac{L_{\text{маг}}}{V_{\text{ср.т}}} + T_{\text{п.п.}} + T_{\text{р}}},$$

где $t_{\text{п.з}}$ – время на подготовительно-заключительные работы, мин.;

$K_{\text{вр}}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на личные нужды и отдых в течение смены;

$L_{\text{маг}}$ – расстояние вывозки леса по магистрали, км;

$T_{\text{р}}$ – время простоев при разгрузке автопоезда на нижнем складе козловыми и кабельными кранами, мин. ($T_{\text{р}} = 15$ мин);

$T_{\text{пл}}$ – время на погрузочные работы при использовании челюстных погрузчиков, мин, ($T_{\text{пл}} = 10 + 1,2M_{\text{пол}}$).

4.4. Определение численности парка автомобилей и прицепного состава

Рабочий парк автомобилей на годовой объем вывозки леса определяют по формуле

$$N_{\text{раб}} = \frac{Q_{\text{год}}}{AZ_{\text{см}} П_{\text{см}}},$$

где A – количество рабочих дней в году; $A = 260 \dots 280$ дн.;

$Z_{\text{см}}$ – число смен на вывозке за сутки.

Инвентарный парк автомобилей

$$N_{\text{инв}} = \frac{N_{\text{раб}}}{k_T} + 0,17 N_{\text{раб}},$$

где k_T – коэффициент технической готовности автомобилей.

В расчетах рекомендуется принимать:

$k_T = 0,85$ – при работе автопоездов в одну смену;

$k_T = 0,8$ – при работе в две смены;

$k_T = 0,75$ – при работе в три смены.

Численность прицепного состава принимается по количеству инвентарных автомобилей, требующихся в сезон наиболее интенсивной вывозки (обычно зимний).

4.5. Определение расхода топлива и смазочных материалов

Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте предназначены для расчетов нормативного значения расхода топлив по месту потребления, для ведения статистической и оперативной отчетности, определения себестоимости перевозок и других видов транспортных работ, планирования потребности предприятий в обеспечении нефтепродуктами, для расчетов по налогообложению предприятий, осуществления режима экономии и энергосбережения потребляемых нефтепродуктов, проведения расчетов с пользователями транспортных средств, водителями и т.д.

При нормировании расхода топлив различают базовое значение расхода топлив, которое определяется для каждой модели, марки или модификации автомобиля в качестве общепринятой нормы, и расчетное нормативное значение расхода топлив, учитывающее выполняемую транспортную работу и условия эксплуатации автомобиля.

Для автомобилей, используемых на вывозке леса, установлены следующие виды норм:

- базовая норма в литрах на 100 км (л/100 км) пробега автотранспортного средства (АТС) в снаряженном состоянии;

- транспортная норма в литрах на 100 км (л/100 км) пробега при проведении транспортной работы;

- транспортная норма в литрах на 100 тонно-километров (л/100 т·км) при проведении транспортной работы грузового автомобиля учитывает дополнительный к базовой норме расход топлива при движении автомобиля с грузом, автопоезда с прицепом или полуприцепом без груза и с грузом или с использованием установленных ранее коэффициентов на каждую тонну перевозимого груза, массы прицепа или полуприцепа – до 1,3 л/100 км и до 2,0 л/100 км для автомобилей с дизельными и бензиновыми двигателями, соответственно, или с использованием точных расчетов, выполняемых по специальной программе-методике непосредственно для каждой конкретной марки, модификации и типа АТС [18].

Нормативное значение расхода топлив для автомобилей (тягачей) и автопоездов рассчитывается по формуле

$$Q_H = 0,01 (H_{san} S + H_w W) (1 + 0,01 D), \quad (51)$$

где Q_H – нормативный расход топлив, л;

S – пробег автомобиля или автопоезда, км;

$$S = (I_{cp} + I_H) \frac{Q_r}{M_{пол}},$$

где I_{cp} – среднее расстояние вывозки, км;

I_H – величина нулевого пробега на погрузочном пункте за 1 рейс, км;

H_w – норма расхода топлив на транспортную работу, л/100 т км;

W – объем транспортной работы, т·км: $W = G_{гр} S_{гр}$ (где $G_{гр}$ – масса груза, т; $S_{гр}$ – пробег с грузом, км);

D – поправочный коэффициент (суммарная относительная надбавка или снижение) к норме, %;

H_{san} – норма расхода топлив на пробег автомобиля или автопоезда в снаряженном состоянии без груза;

$$H_{san} = H_s + H_g G_{пр}, \text{ л/100 км,}$$

где H_s – базовая норма расхода топлив на пробег автомобиля (тягача) в снаряженном состоянии, л/100 км; ($H_{san} = H_s$, л/100 км, для одиночного автомобиля, тягача);

H_g – норма расхода топлив на дополнительную массу прицепа или полуприцепа, л/100 т км;

$G_{пр}$ – собственная масса прицепа или полуприцепа, т.

Нормы расходов смазочных материалов представлены в табл. 13.

Таблица 13

Индивидуальные эксплуатационные нормы расхода масел в литрах (смазок в килограммах) на 100 л общего расхода топлива автомобилем, не более

Марка	Моторные масла	Трансмиссионные и гидравлические масла	Спец. масла и жидкости	Пластичные смазки
КрАЗ 255, 257, 260	2,90	0,40	0,10	0,30
Урал 375, 377	1,80	0,35	0,10	0,20
МАЗ 5434	4,50	0,50	1,00	0,30
КамАЗ 5320	2,80	0,40	0,15	0,35
Урал 4320	2,80	0,40	0,15	0,35
Временные	4,50	0,50	1,00	0,20

4.6. Организация вывозки леса и график движения поездов

Организация перевозки леса, направленная на выполнение задания, предполагает нормальную дорожную службу и ремонт подвижного состава, а также взаимную увязку с лесосечными работами и разгрузкой леса на нижнем лесном складе или пункте переработки. Если считать ведущим механизмом на погрузочной площадке погрузчик, то количество действующих погрузочных установок, например, челюстных погрузчиков, должно удовлетворять условию

$$N_{n.n} = \frac{Q_{\text{сут}}}{Z_{\text{см}} \Pi_{\text{см}}}; \quad (52)$$

где $\Pi_{\text{см}}$ – сменная производительность погрузочной машины или механизма, м³;

$Z_{\text{см}}$ – число смен работы.

По суточному объему перевозок $Q_{сут}$ планируется и количество бригад на лесосеке.

Для ритмичной работы лесозаготовительного производства необходимо, чтобы к погрузочным пунктам лесовозной дороги ежедневно доставлялось средствами трелевки необходимое количество заготовленного леса, обеспечивающее работу транспорта в течение суток. В этой связи важную роль играют службы подготовки производства предприятий, обеспечивающих содержание, ремонт и удлинение лесовозных путей.

Штаты управления и обслуживания автомобильных лесовозных дорог зависят от годового объема вывозки. Права и обязанности штатного персонала – начальника дороги, дорожных мастеров, диспетчеров и других лиц, а также необходимые меры обеспечения безопасности работ подробно излагаются в правилах технической эксплуатации.

Увязка перевозок по дороге с погрузочными работами производится по графику движения.

На рис. 31 представлен график движения автопоездов по дороге с двухполосным движением. Так как с течением времени изменяется местоположение работы малых комплексных бригад и расстояние перевозок, то и график движения соответственно перестраивается.

Нормальное управление движением автопоездов возможно только при хорошо налаженной связи со всеми погрузочными пунктами, нижним складом, гаражом, пунктом заправки машин горюче-смазочными материалами и др.

Широкое внедрение средств связи в практику работы лесозаготовительных предприятий и оборудование ими всех рабочих машин, особенно на дорогах с однополосным движением, является одной из важнейших задач.

Вся организация транспорта леса строится в соответствии с действующими правилами технической эксплуатации автомобильных лесовозных дорог, уточненными в соответствии с местными условиями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования.
2. Кручинин И.Н. Транспортно-производственная система лесного комплекса [Текст]: монография. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. - 155 с.
3. СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт.
4. <http://www.kamaz.net> (дата обращения 12.10.2015 г.)
5. Салминен, Э.О. Транспорт леса: учебник в 2 т. / Э.О. Салминен В.К. Курьянов, Г.Ф. Грехов, Н.А. Тюрин, В.В. Никитин, А.А. Борозна. Москва, 2009. 368 с.
6. Булдаков С.И. Проектирование основных элементов автомобильной дороги: учеб. пособие для студентов вузов. Урал. гос. лесотехн. ун-т. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. - 311 с.
7. Ганьшин В.Н., Хренов Л.С. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых. – М., 1985 г.
8. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.
9. Вырко Н.П. Сухопутный транспорт леса: учебник для студентов вузов. – Минск : Высш. шк., 1987. – 437 с.
10. Салминен Э.О. [и др.] Лесные дороги. Справочник: учеб. пособие; под ред. Э.О. Салминена. СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2012. – 496 с.
11. Постановление Правительства РФ от 9 января 2014 г. № 12 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам перевозки тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам Российской Федерации» (с изменениями от 27.12.2014 г., 18.05.2015 г.).
12. Горелышев Н.В. Технология и организация строительства автомобильных дорог: учеб. пособие для студентов вузов. М.: Транспорт, 1992. – 551 с.
13. Гурьев Т.А. Строительство автомобильных дорог. Часть I. Земляное полотно. Арх. гос. техн. ун-т. Архангельск, 1997. – 229 с.
14. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85.
15. СНиП 4.02-91 Базисные сметные нормы и расценки. Сборники сметных норм и расценок на строительные работы.
16. СНиП 4.05-91 Сборники сметных норм и расценок на строительные работы.
17. Пашкин С.А., Булдаков С.И. Автомобильные лесовозные дороги: учеб. пособие. Екатеринбург, 2001 г. – 156 с.
18. Методические рекомендации «Нормы расхода топливных и смазочных материалов на автомобильном транспорте» № АМ – 23 – р от 14.03.2008 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Классификация и нормы проектирования	
автомобильных лесовозных дорог	4
1.1. Классификация автомобильных лесовозных дорог	4
1.2. Особенности и основные измерители сухопутного транспорта леса	6
1.3. Тяговый и прицепной составы, используемые на вывозке леса	8
1.4. Основные элементы, технические характеристики и нормы проектирования лесовозных автомобильных дорог	9
2. Проектирование лесовозных автомобильных дорог	11
2.1. Изыскания лесовозных автомобильных дорог	12
2.1.1. Принципы трассирования и основные схемы размещения лесовозных дорог	13
2.1.2. Камеральное трассирование	15
2.2. Проектирование продольного профиля автомобильных дорог	17
2.2.1. Вертикальные кривые и обеспечение видимости в продольном профиле	23
2.2.2. Шаг проектирования	25
2.3. Проектирование плана лесовозных автомобильных дорог	26
2.3.1. Движение автомобиля по кривой	26
2.3.2. Минимальные радиусы кривых и применение виража	29
2.3.3. Обеспечение видимости в плане	31
2.4. Принцип проектирования земляного полотна	32
2.4.1. Дорожно-строительные свойства грунтов	32
2.4.2. Водно-тепловой режим земляного полотна	36
2.4.3. Размещение водопропускных сооружений по трассе дороги	38
2.4.4. Проектирование земляного полотна на прямых участках	40
2.4.5. Земляное полотно лесовозных автомобильных дорог на болотах	42
2.5. Определение объемов дорожных земляных работ	45
2.6. Дорожные одежды лесовозных автомобильных дорог	46
2.6.1. Классификация дорожных одежд	46
2.6.2. Основные типы поперечных профилей дорожных одежд	52
2.6.3. Расчет на прочность нежестких дорожных одежд	54
3. Строительство лесовозных автомобильных дорог	61
3.1. Организация работ по строительству лесовозных автомобильных работ	61
3.2. Подготовка дорожной полосы	64
3.2.1. Восстановление и закрепление трассы	64
3.2.2. Расчистка полосы отвода и дорожной полосы	66
3.3. Валка деревьев	67
3.4. Строительство искусственных сооружений	68
3.5. Возведение земляного полотна	70

3.5.1. Подготовка основания	74
3.5.2. Разравнивание и уплотнение грунта	74
3.5.3. Определение количества слоев возводимой насыпи	76
3.5.4. Определение объемов работ на послойную разработку грунта для насыпи, его разравнивание и уплотнение	77
3.5.5. Выбор дорожно-строительных машин для выполнения земляных работ	77
3.6. Строительство дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог	78
3.6.1. Устройство гравийных и щебеночных покрытий	78
3.6.2. Строительство дорожных одежд из железобетонных плит.....	79
3.6.3. Определение потребности дорожно-строительных материалов и машин для устройства дорожной одежды	81
3.7. Зимние лесовозные дороги	82
4. Тягово-эксплуатационные расчеты и организация вывоза леса	84
4.1. Определение полезной нагрузки автопоезда	85
4.2. Определение скорости движения автопоезда методом равновесных скоростей.....	87
4.3. Определение сменной эксплуатационной производительности автопоезда.....	88
4.4. Определение численности парка автомобилей и прицепного состава.....	88
4.5. Определение расхода топлива и смазочных материалов.....	89
4.6. Организация вывозки леса и график движения поездов.....	91
Библиографический список.....	94

Электронный архив УГЛТУ

Учебное издание

Сергей Иванович Булдаков
Марина Викторовна Савсюк

ТРАНСПОРТ ЛЕСА

Том 1

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЛЕСОВОЗНЫЕ ДОРОГИ

Учебное пособие

ISBN 978-5-94984-566-0



9 785949 845660

Редактор Л.Д. Черных
Компьютерная верстка О.А. Казанцевой

Подписано в печать 01.06.2016 Формат 60×84 1/16
6,04 Мб. Уч.-изд. л. 4,36
Тираж 100 экз. (1 завод –50 экз.) Заказ №

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
Тел.: 8(343)262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2