

# ТРАНСПОРТ ЛЕСА

УЧЕБНИК

В двух томах

Том 1

## СУХОПУТНЫЙ ТРАНСПОРТ

Под редакцией Э. О. САЛМИНЕНА

*Допущено  
Учебно-методическим объединением  
по образованию в области лесного дела  
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по специальностям «Лесоинженерное дело»  
и «Лесное хозяйство»*

*С 1433809*



Москва

Издательский центр «Академия»

2009

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Древесину применяют практически во всех сферах жизнедеятельности человека. На долю древесного сырья приходится более 10 % стоимости всех предметов труда, применяемых в промышленности. Это связано прежде всего с высокими качественными параметрами экологически чистого, легкого, прочного и удобного в использовании конструкционного и поделочного материала.

Россия располагает огромными запасами леса. На лесной площади, занимающей более 877 млн га, запас леса составляет более 80 млрд м<sup>3</sup>, ежегодный прирост — 891 млн м<sup>3</sup>. Примерно 25 % мировых лесных запасов составляют запасы леса в России. Объем лесозаготовок составляет менее 50 % расчетной лесосеки. Основной причиной низкого использования расчетной лесосеки является слаборазвитая транспортная инфраструктура в основных лесозаготовительных регионах. Отсутствие развитой дорожной сети общего пользования предопределяет необходимость строительства и содержания лесовозных дорог большой протяженности. Строительство лесовозных дорог должно предварять проведение изыскательских и проектных работ, а также технологическая и организационная подготовка.

В технологическом цикле лесопромышленного производства сухопутный транспорт является связующим звеном и обеспечивает непрерывность производства и сбыта лесопродукции. Заготовленную в лесу древесину подвозят по первичным путям к местам погрузки на лесовозные автомобильные или железнодорожные поезда и по магистральным лесовозным дорогам доставляют к пунктам первичной переработки — нижним складам. Далее древесное сырье по дорогам общего пользования или водным транспортом доставляют на деревообрабатывающие предприятия или поставляют на экспорт.

Эффективность работы лесозаготовительного предприятия зависит от рационального размещения путей транспорта леса в эксплуатируемом лесном массиве, качества строительства, содержания и ремонта лесовозных дорог, обоснованного выбора подвижного состава, системы управления вывозкой древесины.

Эффективность использования транспортных средств на вывозке древесины может быть обеспечена только при рационально

организованном процессе содержания и своевременном ремонте дорог, организации оперативного управления транспортным процессом с использованием современных информационных систем.

Большое значение для получения максимальной прибыли лесопромышленного предприятия имеет эффективно организованная поставка заготовленной древесины потребителям на основе методов транспортной и складской логистики.

Успех в конкурентной борьбе может получить только предприятие, которое в полной мере согласует транспортный и технологический процессы и организует поставку своей продукции в соответствии с требованиями потребителя.

Изучение дисциплины «Сухопутный транспорт леса» позволяет получить знания в области проектирования, строительства, содержания и ремонта лесовозных дорог, управления вывозкой древесины различными видами транспорта, транспортной и складской логистики.

В учебнике нашли отражение новейшие достижения в области изысканий и автоматизированного проектирования дорог и управления транспортными процессами на базе геоинформационных систем и систем спутниковой навигации.

## ВИДЫ И ОСОБЕННОСТИ СУХОПУТНОГО ТРАНСПОРТА ЛЕСА

### 1.1. Основные понятия и определения транспорта и его видов

**Транспортом** называют особую отрасль материального производства, занятую перемещением грузов и пассажиров. Транспорт является четвертой по объему отраслью материального производства (после добывающей и перерабатывающей промышленности и сельского хозяйства) и продолжением производственного процесса, так как доставляет продукт от места производства к месту потребления. Продукция транспорта — сам материальный процесс перемещения, осуществляемый при помощи транспортных средств. Хотя в процессе перевозок не создаются материальные объекты, транспорт относят к материальной сфере производства, так как процесс перевозок создает добавленную налогооблагаемую стоимость перевозимого товара.

Транспорт — это обобщенное понятие, которое включает совокупность перевозочных средств, путей сообщения, погрузочно-разгрузочных механизмов, складов, сооружений и управляющих устройств, обеспечивающих их совместную работу.

Различают транспорт общего назначения и промышленный транспорт. *Транспорт общего назначения* — межведомственный, осуществляет перевозки грузов общего назначения и пассажиров специализированными транспортными предприятиями, находящимися в ведении Министерства транспорта.

*Промышленный транспорт* обеспечивает перевозками грузов производственный процесс предприятий и является связующим звеном между технологическими фазами или цехами, а также связывает предприятие с транспортом общего пользования. Промышленный транспорт подразделяют на внутренний и внешний. *Внутренний промышленный транспорт* включает в себя межцеховые перевозки технологических грузов. Перевозку технологических грузов по территории цехов относят к внутривозводскому или внутрицеховому транспорту; она является составной частью соответствующего технологического процесса. *Внешний промышленный транспорт* осуществляет вывоз с предприятия готовой продукции и доставку на предприятие сырья, полуфабрикатов с магистраль-

ного транспорта. Он осуществляет связь между отдельными предприятиями промышленного комплекса.

Экономическая природа промышленного транспорта определяет два основных требования к нему: он должен полностью удовлетворять технологическим условиям работы предприятия и соответствовать техническому уровню и перспективам развития транспорта общего пользования, с которым промышленный транспорт предприятия находится в постоянном взаимодействии.

В состав промышленного транспорта входят все виды транспорта, классификация которого показана на рис. 1.1. В зависимости от вида специально сооружаемого пути, по которому осуществляют перемещение грузов, промышленный транспорт подразделяют на безрельсовый, рельсовый, канатный и трубопроводный.

Транспортные средства *безрельсового транспорта* передвигаются по дорогам различного типа по их укрепленной проезжей части. Сюда относят автомобильные, тракторные и гужевые дороги.

В *рельсовом транспорте* колеса транспортных средств перемещаются по рельсам, уложенным на путях специальной конструк-



Рис. 1.1. Классификация промышленного транспорта

ции. К рельсовому транспорту леса относят вывозку древесины по железным дорогам узкой (750 мм) и широкой (1 520 мм) колеи. На некоторых промышленных предприятиях грузы перемещают по однорельсовым путям. Был опыт вывозки древесины по специальным однорельсовым лесовозным железным дорогам, но он не нашел широкого применения.

В *канатном (канатно-подвесном) транспорте* грузы перемещают на специальных тележках (каретках) по натянутому между опорами несущему канату.

В *трубопроводном транспорте* грузы перемещают внутри труб воздухом (пневмотрубопроводный), водой (гидротрубопроводный) или в специальных вагонетках (капсулах), за счет перепада давления воздуха (пнеumoкапсульный).

В горных районах России, а также в США, Канаде, Норвегии проводились успешные опыты по использованию на транспортировке древесины аэростатов и дирижаблей. На Сахалине и на Кавказе для транспортировки древесины использовались вертолеты. Эти виды транспорта не нашли широкого применения, но расчеты показывают, что в определенных условиях они могут быть весьма эффективны.

Кроме этого в промышленном транспорте нашли широкое применение транспортеры, конвейеры, лотки и другие виды внутрицехового (а иногда и межцехового) транспорта.

Сухопутный транспорт леса относится к промышленному транспорту, его основной задачей является вывозка заготовленной в лесосеках древесины на нижние склады лесопромышленных предприятий или непосредственно потребителям по специально построенным для этого путям или дорогам общего пользования. Вывозка леса, выполняемая транспортным цехом, наряду с лесосечными работами и первичной обработкой древесины на нижних складах является технологической фазой лесозаготовительного производства.

В комплексе лесозаготовок транспорт леса является базой, на которой строится весь лесозаготовительный процесс, и решающим звеном, определяющим успешную работу предприятия. Только вывезенная с лесосеки на нижний склад или непосредственно потребителю древесина включается в состав завершеного производства и может быть предъявлена к реализации. Значение сухопутного транспорта в работе лесозаготовительного предприятия можно характеризовать потребностью в капиталовложениях и трудовых затратах и себестоимостью продукции. Затраты на создание транспортной сети и на подвижной состав на весь период освоения лесосырьевой базы составляет до 75 % общих затрат. Трудоемкость транспорта составляет 15... 18 % общих трудовых затрат, а доля в себестоимости — более 30 %. Лесовозные дороги часто являются «пионерными», с них начинается освоение ранее не обжитых территорий.

## 1.2. Особенности сухопутного транспорта леса

Перевозка древесины по существу не отличается от перевозки других массовых штучных грузов. Дополнительные трудности при транспортировке, погрузке и выгрузке представляют только громоздкость, масса и длина хлыстов.

Особенности лесопромышленного производства, особенности груза, необходимость учета требований лесовозобновления и соблюдения экологических требований на всех этапах технологического процесса определяют особенности сухопутного транспорта леса. К основным особенностям лесовозного транспорта относят:

- большую распыленность лесного грузопотока по площади;
- длительный процесс воспроизводства древесины на корню;
- отдаленность лесных насаждений от потребителя и от магистральных путей транспорта общего назначения;
- необходимость осуществления одновременно с лесоэксплуатацией лесохозяйственных мероприятий;
- зависимость условий эксплуатации лесных массивов от их состояния;
- постепенный рост дальности вывозки древесины;
- неравномерность грузопотока по направлениям;
- собирательный характер грузопотока и неравномерность его по длине пути;
- специфический характер груза;
- неустойчивость лесных грузопотоков.

Собирательный характер грузопотока обусловлен тем, что для сбора древесины с больших площадей требуется разветвленная дорожная сеть. Грузопотоки по различным участкам дорожной сети весьма неравномерны, что предопределяет необходимость строительства путей различных категорий. Для эффективного применения мощных, тяжелых и дорогостоящих типов транспортных средств заготовленную древесину собирают (треляют) к первичным погрузочным пунктам, от которых можно получить более мощные грузопотоки и везти древесину по более совершенным путям.

Требования лесного хозяйства, связанные с естественным лесовозобновлением, вызывают необходимость установления лесосек ограниченной площади и учета сроков\* их примыкания друг к другу, что также предопределяет необходимость строительства разветвленной дорожной сети.

Неравномерность грузопотока по направлениям заключается в том, что заготовленная древесина перемещается только в одном направлении. Это снижает эффективность использования транс-

---

\* Для обеспечения естественного возобновления леса рядом расположенные лесосеки можно вырубать только через 4—5 лет.

портных средств (в лес идут в основном порожние лесовозные поезда). Этим определяется целесообразность проектирования дорог с различными техническими требованиями (уклонами) в грузовом и порожняковом направлениях.

Длительный срок выращивания древесины (60—80 лет для лиственных и 100—120 лет для хвойных пород) препятствует строительству густой сети дорог постоянного действия. Необходимость содержания дорожной сети в лесных массивах сохраняется и после вырубki спелых древостоев для проведения лесовосстановительных работ и ухода за молодняками, но интенсивность движения при этом резко снижается.

По мере вырубki ближайших к нижнему складу древостоев дальность вывозки древесины ежегодно увеличивается.

Невозможность использования тяжелой лесозаготовительной техники на слабонесущих грунтах в безморозный период предопределяет сезонность лесозаготовок и необходимость разделения дорог на дороги круглогодочного действия и зимние.

Особенность перевозимого груза — малая плотность древесины в виде гибких хлыстов, деревьев или сортиментов большой длины — определяет необходимость использования специального подвижного состава, снабженного технологическим оборудованием, которое обеспечивает более полное использование грузоподъемности и тяговых возможностей автомобилей.

### **1.3. Классификация лесовозных дорог**

В зависимости от назначения и значимости дорог, от интенсивности движения к ним предъявляются различные требования по конструктивным параметрам, прочности и качеству дорожных покрытий. Классификация лесовозных дорог по конструкции пути приведена на рис. 1.2. Нормативные требования к дорогам различных категорий определяются государственными стандартами, строительными нормами и правилами (СНиП).

Дороги общего пользования по интенсивности движения и грузонапряженности в соответствии со СНиП 2.05.02—85 разделены на пять категорий, а по хозяйственному значению — на федеральные, областные и местные. В табл. 1.1 приведена классификация дорог и их основные параметры.

Железные дороги с шириной колеи 1520 мм общей сети и внешних железнодорожных подъездных путей промышленных предприятий в соответствии со СНиП II-39—76 разделены также на пять категорий. К категории I отнесены магистральные дороги общегосударственного значения, к II — межобластного и межрайонного значения, к III — местного значения, к IV и V — линии местного значения и подъездные пути.





Рис. 1.2. Классификация лесовозных дорог

Подъездные и внутренние соединительные пути промышленного железнодорожного транспорта с шириной колеи 1 520 мм в зависимости от их назначения, размеров и характера движения подразделяют на категории:

I — пути с объемом перевозок более 25 млн т брутто/год, пути протяжением более 3 км — независимо от порядка движения и объема перевозок, пути со скоростью движения по ним до 80 км/ч;

II — пути с объемом перевозок 3...25 млн т брутто/год, пути протяженностью до 3 км с поездным и организованным маневровым порядком движения, пути со скоростью движения по ним до 40 км/ч;

III — пути с объемом перевозок до 3 млн т брутто/год, пути с маневровым характером движения и допускающим скорость движения по ним до 25 км/ч, а также пути, имеющие непосредственный выход на погрузочно-разгрузочные фронты и въезды в здания.

Лесовозные железные дороги с шириной колеи 750 мм в части норм проектирования согласно СНиП 2.05.07—91 подразделяют на три категории в зависимости от объема перевозок в грузовом направлении на пятый год эксплуатации согласно табл. 1.2.

Дороги промышленного транспорта, обеспечивающие производственно-технологические перевозки предприятий, устраивают в соответствии с требованиями СНиП 2.05.07—91 «Промышленный транспорт», в котором определены нормы и правила устройства различных видов промышленного транспорта независимо от отрасли народного хозяйства, ведомственной принадлежности и форм собственности.

К *внутренним автомобильным дорогам промышленных предприятий* относят:

- внутриплощадочные дороги, расположенные на территории промышленных предприятий и обеспечивающие технологические перевозки;

- межплощадочные дороги, соединяющие между собой обособленные территории промышленных предприятий или их отдельные производства и образующие автотранспортную сеть промышленных районов или отдельных регионов, на которых расположены разрабатываемые лесные массивы и месторождения, обеспечивающие наряду с технологическими и пассажирскими перевозками транспортировку хозяйственных грузов;

- карьерные дороги, расположенные в пределах грунтодобывающих предприятий и предназначенные для движения специализированных автотранспортных и других средств, обеспечивающих технологический процесс горных работ;

- служебные и патрульные автомобильные дороги, расположенные вдоль линий специализированных видов промышленного

## Классификация автомобильных дорог и их основные параметры

Техническая категория	Интенсивность движения, авт./ч	Расчетная скорость, км/ч	Хозяйственное значение дороги	Ширина, м		
				земляного полотна	проезжей части	полосы отвода
I	Свыше 7 000	150	Автомобильные дороги федерального значения, в том числе для международных сообщений	27,5 и более	15 и более	40... 155
II	3 000—7 000	120	Дороги федерального и регионального значения	15	7,5	37... 65
III	1 000—3 000	100	Дороги федерального, регионального значения, а также основные дороги областного значения, подъезды к населенным пунктам, железнодорожным станциям, портам и т. п.	12	7,0	20... 65
IV	200—1 000	80	Дороги областного и районного значения, подъездные пути крупных предприятий	10	6	20... 60
V	До 200	60	Дороги местного значения, постоянные внутренние дороги сельхозпредприятий, патрульные и служебные дороги	8	4,5	16... 50

**Классификация лесовозных железных дорог с шириной колеи 750 мм**

Категория пути	Объем перевозок леса, м <sup>3</sup> /год	Расчетная скорость движения, км/ч
I	Свыше 600	50
II	250... 600	50
III	Менее 250	40

транспорта, линий энергоснабжения и других коммуникаций, а также подъезды к заправочным пунктам и складам.

К *внешним автомобильным дорогам лесопромышленных предприятий* относят подъездные дороги, соединяющие эти предприятия с дорогами общего пользования, с другими предприятиями, железнодорожными станциями, портами и рассчитанные на пропуск стандартных автомобилей. Внешние (подъездные) автомобильные дороги лесопромышленных предприятий, подлежащие в перспективе к включению в состав сети дорог общего пользова-

Таблица 1.3

**Классификация внутриплощадочных и межплощадочных автомобильных дорог промышленных предприятий (СНиП 2.05.07—91)**

Вид и общее назначение внутриплощадочных и межплощадочных дорог	Расчетный объем перевозок в обоих направлениях, млн т нетто/год	Категория дороги
Производственные, обеспечивающие производственные связи предприятий и их отдельных объектов между собой	Свыше 0,7	I-в
	0,35... 0,7	II-в
	До 0,35	III-в
Лесовозные магистрали с объемом перевозок до 0,1 млн т нетто/год, лесовозные ветки, обеспечивающие вывозку древесины с лесосек или отдельных участков разрабатываемого лесного массива, а также служебные, патрульные, обеспечивающие перевозки вспомогательных и хозяйственных грузов, проезд пожарных машин, подъезды к гаражам, автоцекам и т. д.	Менее 0,1	IV-в

ния и имеющие регулярное движение пассажирского автотранспорта, следует проектировать согласно СНиП 2.05.02—85.

*Транспортные пути* предприятий лесного комплекса относятся к межплощадочным и внутриплощадочным автомобильным дорогам, классификация которых приведена в табл. 1.3.

Лесовозные магистрали необходимо проектировать по нормам межплощадочных дорог, лесовозные ветки со сроком действия более 5 лет — по нормам внутриплощадочных дорог, категория которых соответствует объемам перевозок по данным веткам. Лесовозные дороги (внутриплощадочные и межплощадочные) со сроком действия менее 5 лет следует проектировать по нормам на одну категорию ниже.

*Лесные дороги* относят к дорогам промышленного транспорта, прокладываемым по лесным массивам и от лесных массивов к дорогам общей сети, а также к производственным цехам лесопромышленных предприятий.

Лесные дороги включают в себя лесохозяйственные и лесовозные дороги. Назначение лесохозяйственных дорог — обеспечение работ по лесовосстановлению, уходу, охране лесов от пожаров, вредителей леса и других лесохозяйственных мероприятий. Лесохозяйственные дороги в соответствии с ВСН-7—82 подразделяются на три типа:

I — магистральные дороги, объединяющие дороги низших типов в единую транспортную сеть;

II — дороги, прокладываемые для освоения отдельных лесных массивов и проведения лесохозяйственных мероприятий, а также соединяющие подразделения лесохозяйственных предприятий и имеющие выход на магистральные дороги;

Таблица 1.4

### Классификация лесохозяйственных дорог

Дороги	Расчетная интенсивность движения, авт./сут	Тип дорог
Магистральные, внешние и дороги в зеленых зонах	25—50	I
Дороги с выходом на магистраль, дороги, соединяющие лесохозяйственные объекты с дорогами общего пользования	До 25	II
Противопожарные, дороги для вывозки лесохимического сырья, дороги к временным лесопитомникам, постоянным лесосеменным участкам, кордонам, егерским участкам	Единичная	III

III — дороги, сооружаемые для специальных целей — противопожарных, осушительных, для доступа к кордонам, лесосеменным и егерским участкам.

Классификация лесохозяйственных дорог приведена в табл. 1.4.

Лесовозные дороги сооружают для перевозки древесины и других грузов, осуществляемой лесозаготовительными предприятиями при разработке арендуемых ими лесных массивов. Лесовозные дороги подразделяют на магистральные дороги, ветки и усы.

В зависимости от расчетного годового грузооборота магистральные автомобильные лесовозные дороги классифицируют по категориям:

I — более 1 000 тыс. м<sup>3</sup>/год;

II — 500 ... 1 000 тыс. м<sup>3</sup>/год;

III — 151 ... 500 тыс. м<sup>3</sup>/год;

IV — менее 150 тыс. м<sup>3</sup>/год.

## 1.4. Основные этапы развития сухопутного транспорта леса

Лесовозные дороги имеют большое значение в развитии общей экономики того района, где они построены, обеспечивая транспортные связи ближайших населенных пунктов с районным центром и транспортными путями общего пользования.

Первые опыты механизации промышленного транспорта связаны со строительством колеиных дорог для заводских целей. Первую в мире колеиную дорогу с механической канатной тягой от водяного колеса построил в 1763—1765 гг. К. Д. Фролов на Колывано-Воскресенских заводах на Алтае. Первая наземная железная дорога была построена на Александровском пушечном заводе (ныне Онежский машиностроительный завод в г. Петрозаводске) в 1788 г. А. С. Ярцевым. В 1807 г. П. К. Фроловым был разработан проект строительства железной дороги протяженностью 43 км от Барнаульского Бора до Алея для перевозки угля и древесины. В 1834 г. известными умельцами Черепановыми на руднике Нижнетагильского медеплавильного завода была построена железная дорога и первый паровоз, перемещавший вагонетки с рудой. Паровоз Черепановых превосходил паровоз англичанина Стефенсона тем, что был оборудован пароперегревателем и имел механизм заднего хода (реверс). К началу Первой мировой войны в России протяженность промышленных железных дорог, обслуживавших предприятия металлургической, топливной, лесной промышленности, достигала 10 тыс. км.

Механизация транспорта леса получила широкое развитие с 1927 г., когда появились первые тракторно-ледяные дороги. Один трактор перемещал санный поезд по ледяной дороге, груженный

древесиной объемом до 400 м<sup>3</sup>. Одной из первых лесовозных узкоколейных железных дорог была дорога от ст. Москва-Калужская до ст. Теплые Станы, построенная специально для доставки дров в Москву. К середине прошлого столетия в лесной отрасли действовало около 650 узкоколейных лесовозных железных дорог общей протяженностью до 22 тыс. км. Долгое время основной тяговой единицей на лесовозных железных дорогах были паровозы, а топливом служили дрова. Со временем на смену пожароопасным паровозам пришли тепловозы.

С развитием автомобилестроения в лесной отрасли стал преобладать автомобильный транспорт. Первая лесовозная автомобильная дорога была построена в Карелии в 1931 г. Дорога имела лежневое покрытие. Вывозку осуществляли автомобилями ГАЗ-АА с прицепом-ропуском грузоподъемностью 1,5 т, вместимостью 4...5 м<sup>3</sup> древесины. Значительное распространение на вывозке древесины получили газогенераторные автомобили ЗИС-5 мощностью около 30 кВт. Значительно позднее в лесной отрасли появились мощные автомобили отечественных марок МАЗ, КрАЗ, а сегодня мощные импортные — например, фирм Scania, Volvo (Швеция), фирмы Sisu (Финляндия). Эти автомобили потребовали строительства более прочных лесовозных дорог.

Возросшие затраты на строительство более прочных покрытий лесовозных дорог потребовали поиска новых материалов и технологии строительства. Усилия ученых были направлены на поиск решений в двух направлениях. Одно направление связано с разработкой технологии строительства дорог с покрытиями из местных грунтов, укрепленных продуктами и отходами промышленных предприятий. Второе направление — строительство дорог с колесными покрытиями из древесины, железобетонных плит, использования геотекстильных материалов. В Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии (СПбГЛТА) была создана специальная дорожная группа проблемной лаборатории, внесшая большой вклад в развитие теории и практики лесного дорожного строительства.

Значительный объем дорожного строительства потребовал ускорения и повышения качества проектирования лесовозных дорог. Усилиями сотрудников Карельского филиала Академии наук СССР, Карельского НИИ лесной промышленности были созданы системы автоматизированного проектирования (САПР) лесных дорог, системы управления лесовозным транспортом. Первая в отрасли учебная лаборатория САПР (ныне САПР и ГИС) была создана в СПбГЛТА.

Большой вклад в развитие сухопутного транспорта леса внесли ученые вузов и НИИ лесной отрасли. С самого начала создания в 1919 г. первой в стране кафедры сухопутного транспорта леса в Петроградском Лесном институте (ныне СПбГЛТА), сотрудника-

ми кафедры под руководством известного дорожника профессора Г. Д. Дубелира были выполнены актуальные в то время работы по совершенствованию гужевого транспорта и по общим проблемам лесного транспорта. Большое значение для развития лесной отрасли сыграли первые экспедиции СПбГЛТА по освоению лесов Западной Сибири и Урала и Института Древесины по разработке планов эксплуатации лесов Вычегодского района, Лозино-Чутырского лесничества и др.

В дальнейшем эти работы были продолжены профессорами Д. А. Поповым, Н. Г. Корчуновым, Б. А. Ильиным, учеными других лесных вузов В. В. Бувертом, М. М. Коруновым, Б. И. Кувалдиным, Ю. Д. Силуковым, И. И. Леоновичем, В. В. Щелкуновым, Н. Г. Калининым, В. К. Курьяновым и др.

Значительный вклад в развитие сухопутного транспорта леса был сделан Центральным научно-исследовательским институтом механизации и энергетики лесозаготовок (ЦНИИМЭ), головным проектным институтом Гипролестранс (ныне Лесинвест), отраслевыми НИИ: СевНИИП, КомигипроНИИлеспром, КарНИИЛП и другими учреждениями.

В основу лесотранспортной науки положены достижения отечественной транспортной науки, в частности труды крупнейших российских ученых — А. К. Бируля, Н. Н. Иванова, В. Ф. Бабкова, А. М. Кривисского, В. М. Безрука, Н. А. Пузакова и других в области проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог; А. М. Бабичкова, Е. А. Чудакова, Г. М. Шахуняца, А. В. Горинова и других — в области железнодорожного транспорта.

В настоящее время для управления транспортно-технологическими процессами все шире используется система глобального позиционирования на базе GPS (Global Positioning System), а с 2007 г. российская глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС).

### Контрольные вопросы

1. Что называют транспортом, транспортом общего пользования, промышленным транспортом, сухопутным транспортом леса?
2. Что относят к межцеховому, внутрицеховому и внешнему промышленному транспорту? Объясните на примере лесной отрасли.
3. Назовите виды транспорта.
4. Перечислите особенности сухопутного транспорта леса.
5. По каким показателям классифицируют автомобильные дороги общего пользования?
6. Как подразделяют промышленные железные дороги?
7. Как подразделяют автомобильные дороги промышленных предприятий?
8. Как подразделяют лесовозные автомобильные дороги?

1433809

Вологодская областная  
универсальная  
научная библиотека  
им. И. В. Бабичкина



## ЛЕСОТРАНСПОРТНЫЙ ПРОЦЕСС ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

### 2.1. Лесотранспортные системы и транспортные потоки

Для перемещения древесины от мест ее заготовки (лесосек) к местам ее переработки (нижние склады лесопромышленных предприятий, деревообрабатывающие, целлюлозно-бумажные комбинаты, мебельные фабрики и т. д.) создается лесотранспортная система.

Транспортная система вообще — это совокупность инженерных сооружений и технических устройств с определенной технологией работы и системой управления, предназначенная для перевозок грузов и пассажиров. Лесотранспортные системы предназначены для перевозок древесины. Структура лесотранспортной системы приведена на рис. 2.1.

Лесотранспортная система Российской Федерации складывается из лесотранспортных систем ее субъектов и является составной частью общей транспортной системы страны. Лесотранспортные системы субъектов Российской Федерации слагаются из систем регионов, а те, в свою очередь, — из транспортных систем лесопромышленных предприятий. Именно транспортные системы лесных предприятий изучаются в курсе «Сухопутный транспорт».

Перемещаемые транспортной системой грузы (иначе называемые транспортной массой) образуют транспортные потоки. В лесотранспортных системах лесопромышленных предприятий основ-

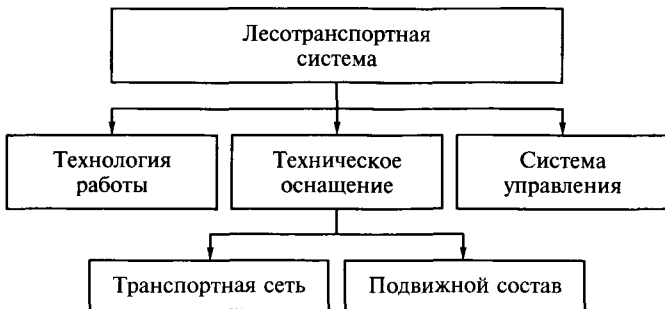


Рис. 2.1. Структура лесотранспортной системы

ным грузом является древесина, заготавливаемая в результате рубок главного и промежуточного пользования. Остальные грузы составляют малую удельную долю транспортной массы (продукты побочного лесопользования) и носят вспомогательный характер (персонал, запасные части, горючее и смазочные материалы и т. д.).

Древесину транспортируют с верхних лесопромышленных складов на нижние склады (или непосредственно потребителю) по автомобильным или железнодорожным узкоколейным транспортным путям соответственно лесовозными автопоездами или железнодорожными составами. При изучении лесотранспортных потоков обычно рассматривают именно потоки единиц подвижного состава. Хорошо изучены, в частности, характеристики потоков лесовозных автопоездов.

Различают потоки *регулярные*, в которых события происходят в строго и заранее определенное время, и *случайные*, в которых события совершаются через случайные промежутки времени. Регулярный поток автопоездов образуется при организации их движения по заранее рассчитанному графику (расписанию). Регулярное движение автопоездов сводит к минимуму организационные простои погрузочно-разгрузочных средств и самих автопоездов. Однако для такой организации движения требуются четкое взаимодействие всех звеньев лесозаготовительного процесса, высокая надежность техники и устойчивая к погодным условиям дорожная сеть. Отсутствие хотя бы одного из этих условий приводит к дефициту древесины на складе, простоям погрузочных средств, задержкам в движении и т. д. и, как следствие, срыву графика. Поэтому при исследовании функционирования лесотранспортных систем наибольший интерес представляют случайные потоки.

Главная характеристика потоков — их интенсивность, т. е. число событий в единицу времени.

Знание характеристик потоков транспортных средств на лесовозных дорогах позволяет решать ряд важных практических задач, таких как оценка интенсивности дорожного движения или расчет оптимального сочетания транспортных и погрузочно-разгрузочных средств. Последняя задача решается с использованием математической теории массового обслуживания при оперативном планировании вывозки древесины.

## 2.2. Элементы лесотранспортной сети и их назначение

Дороги, прокладываемые по лесным массивам и от лесных массивов к дорогам общей сети, а также к производственным цехам лесозаготовительных предприятий и территориальным лесничествам, называются **лесными дорогами**.

Лесные дороги относят к дорогам промышленного транспорта и делят на лесовозные и лесохозяйственные. **Лесовозные дороги** служат для перевозки древесины и других грузов, осуществляемой лесозаготовительными предприятиями при освоении закрепленных за ними на правах аренды лесосырьевых баз. Лесовозные дороги проектируют как технологические пути и подразделяют на магистрали, ветки и усы (рис. 2.2, а).

**Магистралью** называют лесовозную дорогу, эксплуатируемую в течение всего или значительной части срока деятельности предприятия. Она связывает лесосырьевую базу с нижним лесоскладом предприятия, пунктом потребления или дорогой общего пользования. Магистраль, как правило, пересекает весь или почти весь лесной массив и объединяет все лесовозные дороги в единую сеть.

**Веткой** называют лесовозную дорогу, примыкающую к магистрали и предназначенную для освоения части лесного массива. В отдельных случаях ветки могут примыкать к дорогам общего пользования. Срок службы веток составляет 5—10 лет.

**Ус** — это временная лесовозная дорога, служащая для освоения конкретной лесосеки. Усы, как правило, примыкают к веткам, но иногда и к магистрали. Срок службы уса соответствует продолжительности разработки лесосеки и равен обычно 2—3 мес, реже — 1 году.

В настоящее время на трелевке заготовленной древесины применяют колесные тракторы, которые позволяют значительно увеличить расстояние трелевки в сухой местности и в зимнее время.

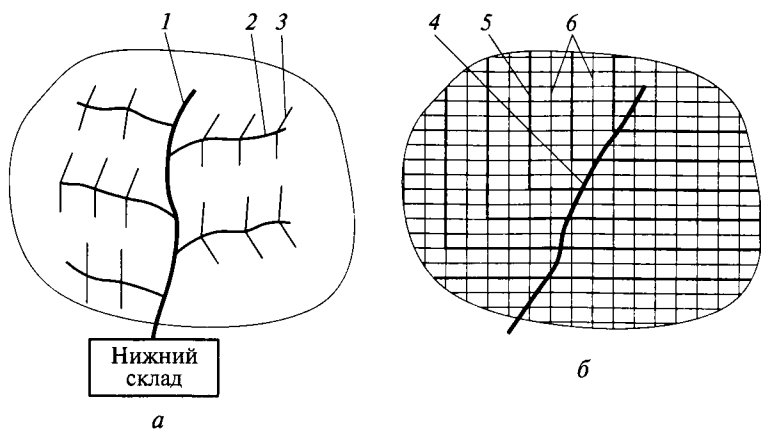


Рис. 2.2. Схемы дорожной сети лесозаготовительных предприятий (а) и лесничеств (б):

1 — магистраль; 2 — ветки; 3 — усы; 4 — подъездная дорога I типа; 5 — дороги II типа; 6 — дороги III типа и кварталные просеки

В этом случае лесовозные усы, как правило, не строят, а древесину трелюют непосредственно к веткам лесовозной дороги.

**Лесохозяйственные дороги** строят для выполнения работ по эксплуатации, уходу, восстановлению и охране лесов. Сеть лесохозяйственных дорог должна обеспечивать постоянный доступ в любую часть лесного массива, поэтому постоянным является и срок службы таких дорог. Основой для сети дорог лесничеств является сеть кварталных просек, выполняющих роль дорог низшего, III типа, обеспечивающих проезд единичных автомобилей (рис. 2.2, б). Эти дороги представляют собой противопожарные, осушительные, а также предоставляют доступ к лесным кордонам, лесосеменным и егерским участкам. Наряду с ними в лесном фонде строятся дороги II типа. Роль главного транспортного пути выполняет лесохозяйственная дорога I типа.

Учитывая, что согласно новому Лесному кодексу Российской Федерации (2007) все лесохозяйственные мероприятия в арендуемом лесном фонде должны выполнять арендаторы (лесозаготовители), сеть лесовозных и лесохозяйственных дорог целесообразно строить как единую и согласованную с общей сетью дорог местного значения.

### **2.3. Технологическая и организационная структура процесса транспорта древесины**

Транспорт древесины представляет собой технологическую фазу лесозаготовительного производства, связующую две другие фазы — лесосечные работы и операции по первичной переработке древесины на нижних лесопромышленных складах.

Древесину из лесосек могут вывозить в виде деревьев, хлыстов, сортиментов и технологической щепы. Вид вывозимой древесины определяет технологическую структуру процесса транспорта леса.

На погрузочном пункте формируют межоперационный запас древесины. Наличие этого запаса чрезвычайно важно для обеспечения ритмичной работы лесовозного транспорта. Размер межоперационного запаса определяют расчетом.

Запас древесины на погрузочном пункте требуется в тех случаях, когда фактическое поступление будет меньше сменного задания на погрузку. Причиной, вызывающей создание запасов, являются случайные отклонения фактической производительности (уменьшение поступления) древесины или увеличение интенсивности ее вывозки.

Грузят деревья или хлысты на подвижной состав челюстными погрузчиками перекидного типа. Возможно также применение крупнопакетного метода погрузки с использованием лебедок.



Рис. 2.3. Основные виды структур лесотранспортного процесса

Погруженную древесину вывозят автопоездами либо подвижным железнодорожным составом узкой колеи на нижний лесопромышленный склад.

При вывозке сортиментов использовать высокопроизводительные и дорогостоящие челюстные погрузчики становится невыгодным, поэтому для погрузки используют передвижные гидроманипуляторы или вывозку осуществляют подвижным составом, имеющим гидроманипулятор для самопогрузки.

Технологическую щепу вывозят автомобилями-щеповозами, оборудованными саморазгружающимся контейнером. Щепу в контейнер грузят непосредственно из передвижной рубительной машины. Как правило, щепу вывозят непосредственно ее потребителю.

Основные виды структур лесотранспортного процесса представлены на рис. 2.3.

Организационная структура лесотранспортного процесса в различных предприятиях может быть различной. Наиболее распространенной является такая структура, при которой лесотранспортные работы в лесозаготовительном предприятии выполняет лесотранспортный цех, конкретный состав которого определяется объемом транспортных работ и местными условиями.

Подразделениями лесотранспортного цеха, обеспечивающими вывозку древесины, являются:

- службы содержания и ремонта лесовозных дорог и дорожных сооружений (дорожная служба);
- техническая служба содержания и ремонта подвижного состава, дорожной и погрузочно-разгрузочной техники, обеспечения горючим, смазочными материалами и запасными частями;
- диспетчерская служба, задачей которой является оперативное планирование и управление лесотранспортным процессом, обеспечение выполнения плана вывозки и учет выполненной транспортной работы.

## 2.4. Транспортно-технологические схемы вывозки древесины и измерители работы транспорта

В зависимости от природных и производственно-организационных условий, в которых функционируют лесозаготовительные предприятия, применяют три *транспортно-технологические схемы* вывозки древесины.

*Прямую вывозку* (рис. 2.4, а), при которой древесину вывозят от места валки до конечного пункта без перегрузок, применяют обычно на ранней стадии работы лесопромышленных предприятий, когда расстояние вывозки невелико (до 20 км), а лесовозные дороги еще не построены. Вывозку ведут по первичным тракторным дорогам. Одновременно с этим предприятие строит сеть ле-

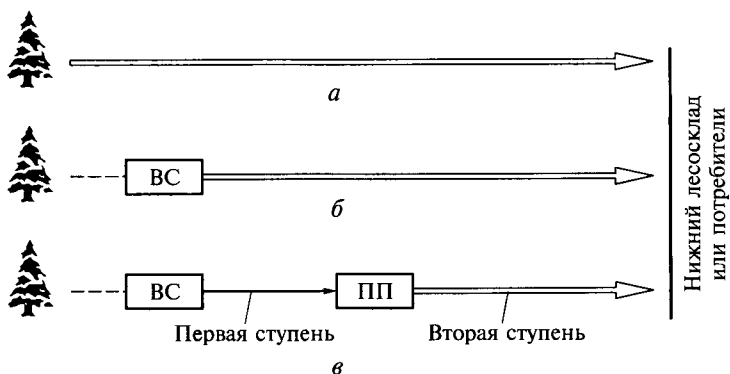


Рис. 2.4. Транспортно-технологические схемы вывозки древесины:

а — прямая вывозка; б — одноступенчатая вывозка; в — двухступенчатая вывозка; ВС — верхний склад; ПП — перегрузочный пункт

совозных дорог. В целом по стране таким способом вывозят не более 5 % древесины.

При *одноступенчатой вывозке* (рис. 2.4, б) древесину концентрируют на верхних лесопромышленных складах, расположенных у лесовозных дорог. Здесь ее грузят на транспортные средства — автомобили, автопоезда, железнодорожные вагоны-сцепы или платформы, а затем вывозят на нижние склады или потребителям. Одноступенчатая вывозка древесины наиболее распространена в лесной промышленности России. С ее использованием вывозят более 90 % древесины.

При *двухступенчатой вывозке* (рис. 2.4, в) древесину из лесосек по лесовозным усам и веткам вывозят легкими автопоездами на перегрузочный пункт, расположенный у магистрали — первая ступень. От перегрузочного пункта по магистрали транспортировка осуществляется автопоездами более тяжелых типов или по узкоколейной железной дороге (УЖД) — вторая ступень. Такая технология эффективна при больших расстояниях вывозки, а также при высокой степени заболоченности лесосек, когда использование большегрузных автопоездов в них становится проблематичным.

Широкого применения двухступенчатая технология не нашла по двум причинам. Во-первых, снижается общая производительность лесотранспортной системы из-за появления дополнительных технологических операций по перегрузке древесины. Во-вторых, наличие в автохозяйстве лесовозных автомобилей различных марок ведет к росту эксплуатационно-ремонтной базы. Поэтому в настоящее время двухступенчатую вывозку в основном используют с разделением ступеней по сезонам года: первая ступень — зимой, вторая ступень — летом. На обеих ступенях вывозки используют автопоезда одного и того же типа.

Для сравнительной оценки эксплуатационных возможностей лесотранспортных систем используют комплекс производственно-технических показателей, которые также называют *измерителями сухопутного транспорта леса*. Основными из них являются грузооборот дороги, грузовая работа, полная и эксплуатационная длина дорог, грузонапряженность, среднее расстояние вывозки, густота дорожной сети, а также коэффициенты пробега лесных грузов и развития (удлинения) трассы.

*Грузооборотом дороги* называется количество древесины, вывозимой по лесовозной дороге в единицу времени (год, квартал, месяц, сутки, смена) в кубических метрах или тоннах. Грузооборот является важнейшим показателем, определяющим загруженность дороги транспортом, ее категорию и, следовательно, технические параметры ее проектирования. Расчетный годовой грузооборот дороги определяют как отношение ликвидного запаса

древесины в лесосырьевой базе  $Q_6$ , тяготеющего к дороге, к расчетному числу лет ее эксплуатации  $T$ :

$$Q_r = Q_6/T.$$

Годовой грузооборот дороги также может быть вычислен как сумма грузооборотов отдельных погрузочных пунктов:

$$Q_r = q_1 + q_2 + \dots + q_n = \sum_{i=1}^n q_i,$$

где  $q_1, q_2, \dots, q_n$  — грузообороты  $n$  погрузочных пунктов.

*Грузовая работа*  $R$ ,  $\text{м}^3/\text{км}$  или  $\text{т} \cdot \text{км}$ , — это сумма произведений объемов древесины  $q_i$ , перевозимой с каждого  $i$ -го погрузочного пункта, на расстояние  $l_i$  до этого погрузочного пункта:

$$R = \sum_{i=1}^n q_i l_i.$$

*Полной длиной дорог*  $L_n$ , км, называется суммарная протяженность дорог всех категорий, расположенных в лесосырьевой базе и находящихся на балансе лесозаготовительного предприятия.

*Эксплуатационной длиной дорог*  $L_3$ , км, считается общая протяженность лесовозных дорог, используемых предприятием в данный период времени.

*Грузонапряженность* (или *грузопоток*)  $\Gamma$ ,  $\text{м}^3 \cdot \text{км}/(\text{км} \cdot \text{год})$  или  $\text{т} \cdot \text{км}/(\text{км} \cdot \text{год})$ , — это грузовая работа, приходящаяся на 1 км длины дорог. Этот показатель показывает неравномерность объема перевозок по различным участкам лесодорожной сети. Площадь эпюры грузопотоков (рис. 2.5) равна грузовой работе. Значение грузонапряженности определяют по выражению

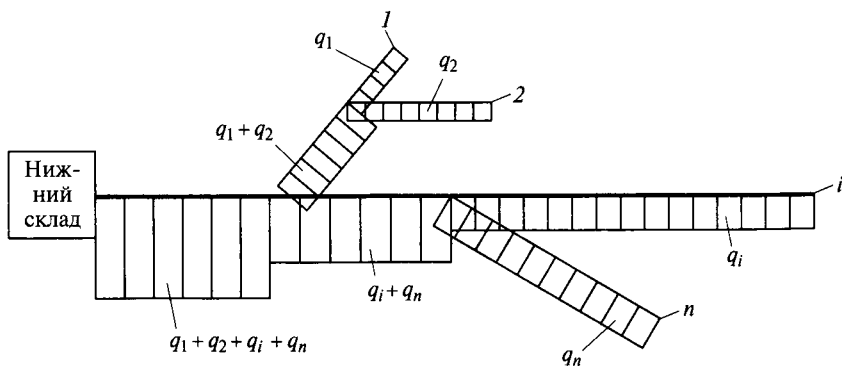


Рис. 2.5. Схема грузопотоков лесовозной дороги:

$1, 2, \dots, i, n$  — погрузочные пункты;  $q_1, q_2, \dots, q_i, q_n$  — соответствующие им грузообороты



$$\Gamma = R/L_3.$$

*Среднее расстояние вывозки древесины*  $l_{\text{cp}}$ , км, определяется отношением грузовой работы дороги к ее грузообороту:

$$l_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i l_i}{\sum_{i=1}^n q_i} = \frac{R}{Q_{\Gamma}}.$$

В лесопромышленных предприятиях наблюдается тенденция к ежегодному росту среднего расстояния вывозки, характерная и для других добывающих отраслей (нефтегазовой, угольной и пр.).

*Удельная протяженность*, или *густота дорожной сети*  $l_y$ , км/км<sup>2</sup>, вычисляется как отношение полной длины дорог  $L_{\text{п}}$ , км, к площади лесосырьевой базы  $F_6$ , км<sup>2</sup>:

$$l_y = L_{\text{п}}/F_6.$$

При наличии в лесосырьевой базе дорог общей сети протяженностью  $L_{\text{о.с}}$ , км, используемых для транспорта древесины, действительная густота дорожной сети

$$l_y = \frac{L_{\text{о.с}} + L_{\text{п}}}{F_6}.$$

По удельной протяженности дорожной сети можно судить об обеспеченности лесосырьевой базы дорогами.

Отношение среднего расстояния вывозки к эксплуатационной длине дорог называют *коэффициентом пробега лесных грузов*. Он показывает степень загруженности дорожной сети и определяется по формуле

$$\alpha = l_{\text{cp}}/L_3.$$

*Коэффициент развития (удлинения) трассы* равен отношению действительной длины дороги  $L$  к длине дороги по воздуху  $L_{\text{в}}$ :

$$K_y = L/L_{\text{в}}.$$

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение транспортной системе.
2. Какие существуют транспортные потоки?
3. Какие существуют виды лесовозных дорог?
4. Перечислите основные виды структур лесотранспортного процесса.
5. Какие транспортно-технологические схемы вывозки древесины используют в лесной отрасли?
6. Перечислите основные измерители сухопутного транспорта леса.

## ДОРОГА И ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ

### 3.1. Элементы плана дороги

*Сухопутный транспорт* лесозаготовительных предприятий является обобщающим комплексным понятием, включающим совокупность путей сообщения, перевозочных средств, погрузочно-разгрузочных механизмов, складов, сооружений и управляющих устройств, обеспечивающих их совместную работу. Поэтому при решении организационных вопросов транспорт леса необходимо рассматривать совместно с погрузочно-разгрузочными операциями как единую транспортную систему.

Основным элементом сухопутного транспорта является дорога. В транспортной терминологии «дорога» обозначает два понятия. Одно из них рассматривает дорогу как транспортное предприятие, второе — как путь, по которому происходит движение подвижного состава.

*Дорога* (путь) — это инженерное сооружение, создаваемое для движения по нему тягового и прицепного состава, перевозящего грузы и пассажиров. Основными элементами дороги являются земляное полотно, дорожная одежда на автомобильных дорогах или верхнее строение пути на железных дорогах, искусственные (водоотводные) сооружения и обустройство пути.

*Земляным полотном* называют обеспеченное водоотводом естественное или искусственно созданное земляное основание в виде насыпи или выемки, на котором устраивают дорожную одежду или верхнее строение железнодорожного пути.

*Дорожной одеждой* называют укрепление проезжей части автомобильной дороги, выполненное в виде одного или нескольких слоев различных дорожно-строительных материалов.

*Верхнее строение железнодорожного пути* состоит из двух рельсовых ниток, шпал и балластного слоя. Рельсы укладывают на шпалы на некотором расстоянии друг от друга, называемом шириной колеи и измеряемом между внутренними гранями головок рельсов. Шпалы размещают на балластном слое, отсыпанном из песка, гравия или щебня.

*Искусственными сооружениями* называют водопропускные сооружения, служащие для пропуска воды с одной стороны дороги

на другую, и путепроводы, устраиваемые на пересечениях дорог в разных уровнях.

На железных дорогах земляное полотно и искусственные сооружения называют *нижним строением пути*.

Так как путь часто не может быть проложен по естественному рельефу местности, возникает необходимость искусственно поднимать или опускать его относительно поверхности земли. Достигается это устройством земляного полотна в насыпи или в выемке.

Конструкция пути лесовозной дороги как инженерного сооружения характеризуется тремя проекциями:

- на горизонтальную плоскость — *план дороги*;
- на вертикальную поверхность, проходящую через геометрическую ось дороги (вертикальный разрез вдоль оси дороги) — *продольный профиль*;
- на вертикальную плоскость, перпендикулярную геометрической оси дороги — *поперечный профиль*.

При проектировании лесовозной дороги ее план с изображением деталей конструкции пути — земляного полотна с насыпями и выемками, мостов, труб, канав, подпорных стенок и других специальных инженерных сооружений составляют только для отдельных участков дороги, где необходимо запроектировать специальные работы по борьбе с оползнями, отводу воды от дороги и т. п. В обычных условиях составляют лишь план трассы дороги.

*Трассой дороги* называют линию, определяющую положение на местности или на карте геометрической продольной оси дороги. Ось дороги расположена посередине плоскости, соединяющей бровки земляного полотна. Таким образом, трасса является линией, расположенной в пространстве и проходящей на участках насыпей выше поверхности земли, а на участках выемок — ниже поверхности земли.

Важнейшим этапом разработки проекта лесовозной дороги является проектирование плана и продольного профиля трассы дороги. Правильное размещение трассы дороги на местности является сложной задачей, требующей комплексного решения, и выполняется в несколько этапов. Первым из них является решение технико-экономической задачи оптимального размещения путей в лесосырьевой базе предприятия, вторым — камеральное трассирование дороги на карте в горизонталях или на аэрокосмическом снимке и третьим — перенос камерально запроектированной трассы в натуру.

Строить дороги по кратчайшему направлению, по прямой, препятствуют складки рельефа местности, водные преграды, глубокие болота, овраги и другие препятствия, для обхода которых при камеральном трассировании или во время изысканий назначают *углы поворота*. Для обеспечения плавного вписывания траектории движения автомобилей или поездов в габариты пути и обеспечения

безопасности движения на углах поворота устраивают закругления пути, разбивая их по дуге окружности с использованием переходных кривых с переменным радиусом. Процесс размещения трассы на карте или на местности называют *трассированием*.

При трассировании углы поворота назначают:

- для примыкания к дорогам более высокой категории;
- лучшего охвата дорожной сетью спелых насаждений;
- выхода трассы на заданное направление (к фиксированным точкам);
- обхода ситуационных препятствий;
- для развития трассы при преодолении высотных препятствий.

Во время трассирования на каждом углу поворота производят разбивку кривых, при этом вычисляют основные элементы кривых: дорожный тангенс  $T$ , длину кривой  $K$ , биссектрису  $B$ , начало круговой кривой НКК, конец круговой кривой ККК, длину  $l$  и направление (румб) прямой по формулам, известным из геодезии (рис. 3.1).

Основными характеристиками плана трассы являются:

- длина дороги  $L$ , м, равная сумме длин прямых  $\sum L_{прi}$  и кривых  $\sum K_{pi}$ ;
- нормальный радиус кривой  $R_n$ , м; минимальный радиус кривых  $R_{мин}$ , м;

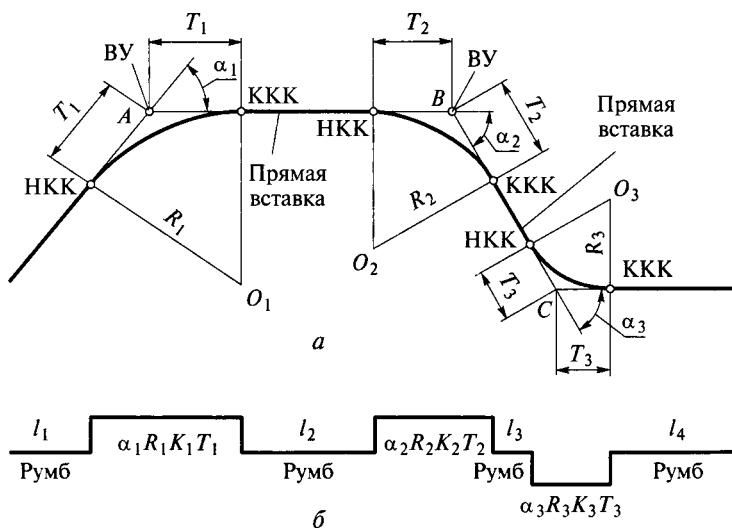


Рис. 3.1. Развернутый (а) и условный (б) планы трассы лесовозной дороги: А, В, С — повороты трассы; НКК, ККК — соответственно начало и конец круговой кривой; ВУ — вершина угла поворота;  $\alpha_1$ — $\alpha_3$ — углы поворота;  $R_1$ — $R_3$ — радиусы кривых;  $T_1$ — $T_3$  — дорожные тангенсы;  $l_1$ — $l_4$  — длины прямых;  $O_1$ — $O_3$  — центры углов поворота

• средний радиус  $R_{cp} = 57,3 \sum K_i / \sum \alpha_i$ , м (в случае, если отношение  $R_{cp}/R_{min} > 3$ , значение минимального радиуса принято необоснованно);

• коэффициент развития (удлинения) трассы  $K_y$ .

Коэффициент развития может служить в некоторой мере показателем качества трассирования и определяется отдельно для магистрали, веток и усов. Среднее значение коэффициента развития для магистрали составляет в равнинной местности 1,03... 1,1; холмистой — 1,1... 1,2; горной — 1,8... 2,0. Для веток и усов значения коэффициента больше.

Нормальный и минимальный радиусы круговых кривых принимают по нормам проектирования лесовозных дорог. Минимальный радиус назначают исходя из условий местности и лишь на трудных участках местности с обязательным обоснованием его величины технико-экономическими расчетами.

### 3.2. Продольный профиль лесовозной дороги

Продольный профиль наиболее полно характеризует путь и является важнейшим документом при проектировании, строительстве и эксплуатации дороги. Вычерчивают продольный профиль по установленному образцу (рис. 3.2), в масштабах 1:5 000, вертикальный — 1:500 (на железных дорогах соответственно 1:10 000 и 1:1 000). В горной местности допустимо применение более крупного масштаба. В продольном профиле длину элементов дороги принимают равной их горизонтальной проекции.

Над продольным профилем, кроме рабочих отметок, указано грузовое направление, положение реперов (пикет и плюс и расстояние от оси дороги влево или вправо) и их отметки; место и направление сброса воды из боковых канав; вид и положение водопропускных сооружений.

На грунтовом профиле и на развернутом плане дороги указаны места размещения шурфов, полушурфов, скважин, их порядковые номера и условными обозначениями вид грунта и глубина заложения от поверхности земли, рядом с названием грунта дается его код по дорожной классификации грунтов. Если обнаружены грунтовые воды, указывается уровень грунтовых вод (УГВ) и дата замера.

Ниже продольного профиля проводится условный план дороги с указанием длины и направления (румба) прямых, начала и конца круговых кривых, данные по углам поворотов ( $Y$  — величина угла поворота,  $R$  — радиус кривой,  $T$  — дорожный тангенс,  $K$  — длина кривой).

Направление угла поворота указывается условно дугой (влево по ходу пикетажа — дуга вниз, вправо — вверх).

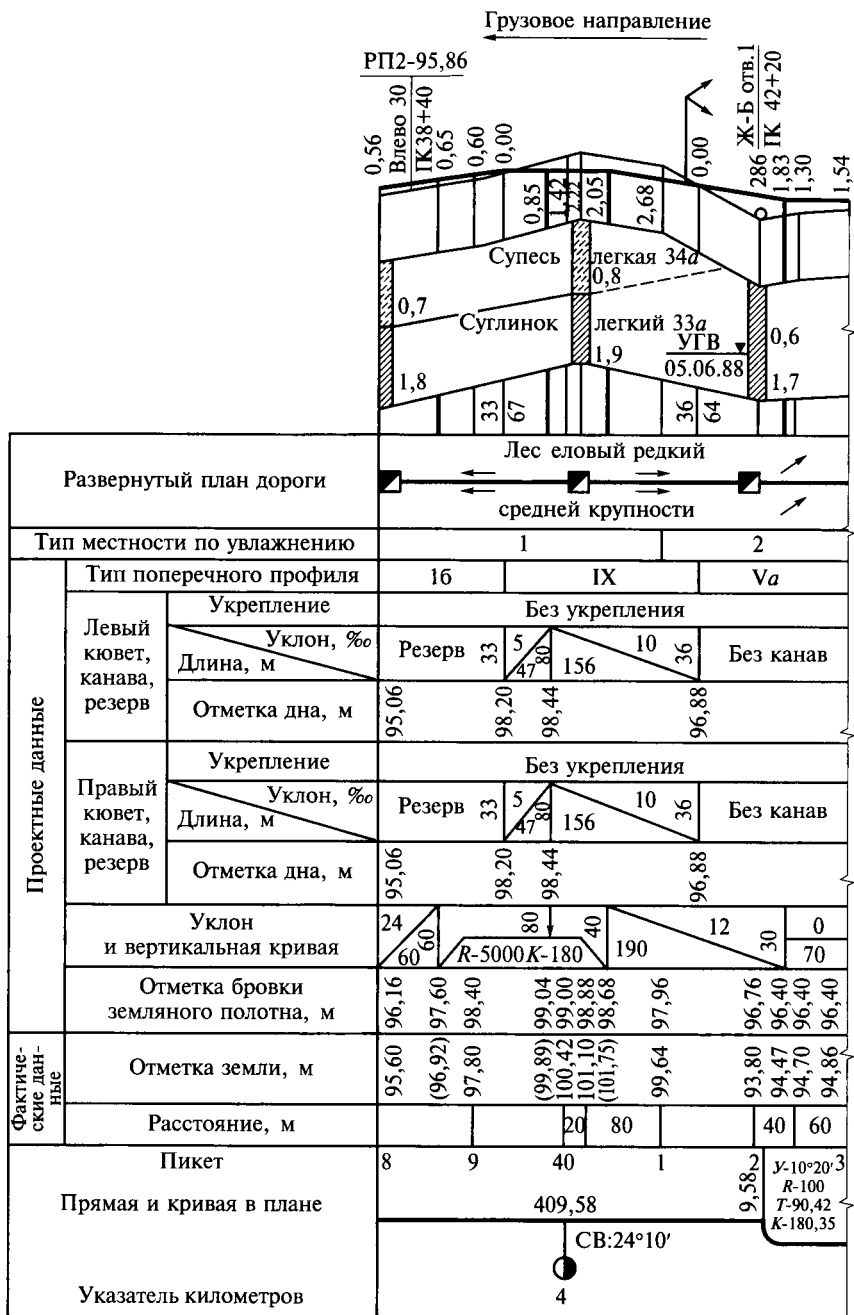


Рис. 3.2. Продольный профиль лесовозной автомобильной дороги

Проектная линия продольного профиля состоит из отдельных элементов. На переломах профиля в ряде случаев предусматривают устройство вертикальных кривых. Каждый элемент характеризуется своей длиной и уклоном или радиусом вертикальной кривой. На лесовозных дорогах различают подъемы и спуски в грузовом направлении и площадки с уклоном, равным нулю. Наиболее характерными уклонами для лесовозных дорог являются руководящий подъем и максимальный спуск в грузовом направлении.

*Руководящим подъемом* называют подъем в грузовом направлении длиной не менее длины поезда, расположенный на прямом участке пути, преодолеваемый поездом с расчетной силой тяги и равномерной скоростью без расцепки. По значению руководящего подъема определяют расчетную массу поезда. На автомобильных дорогах руководящий подъем является максимальным подъемом в грузовом направлении.

На железных дорогах в отдельных случаях применяют расцепочные подъемы и подъемы кратной тяги.

Различают максимальные, вредные и безвредные спуски в грузовом направлении. *Максимальный спуск* в грузовом направлении является руководящим уклоном в негрузовом направлении. Значение максимального спуска устанавливают с соблюдением условий полной остановки груженого поезда при торможении и по условию доставки порожняка в лес одиночной тягой.

*Вредные спуски* — спуски, на которых необходимо тормозить поезд во избежание недопустимого разгона.

*Безвредный спуск* — спуск, не требующий служебного торможения.

Различают два вида проектной линии продольного профиля: обертывающую и секущую. *Обертывающую проектную линию* назначают приблизительно параллельно поверхности земли и широко применяют в равнинной местности, обеспечивая получение незначительных объемов земляных работ при возведении земляного полотна из грунта, взятого из придорожных резервов.

В пересеченной местности иногда может быть экономически целесообразным применение *секущей проектной линии*, когда проектируют частичную срезку холмов или гряд с устройством выемок и использованием полученного грунта для отсыпки соседних насыпей.

### 3.3. Поперечный профиль земляного полотна

Поперечный профиль дает представление о конструкции и основных размерах земляного полотна (рис. 3.3 и 3.4). Основными формами земляного полотна являются *насыпь* — земляное сооружение, искусственно поднятое над уровнем местности, и *выемка* — искусственное понижение дороги по отношению к местности. На

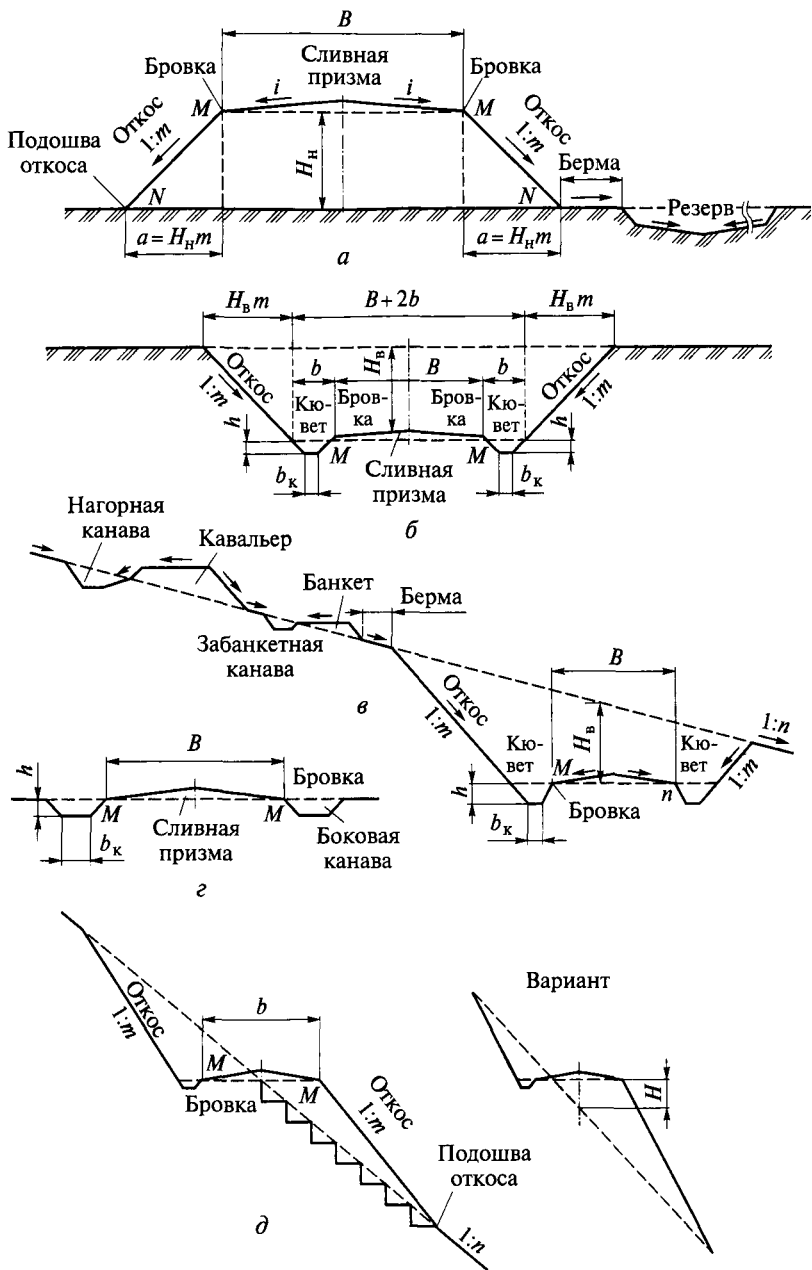


Рис. 3.3. Поперечные профили земляного полотна:

*a* — насыпь; *б* — выемка; *в* — выемка на косогоре; *г* — нулевое место; *д* — полу-насыпь-полувыемка



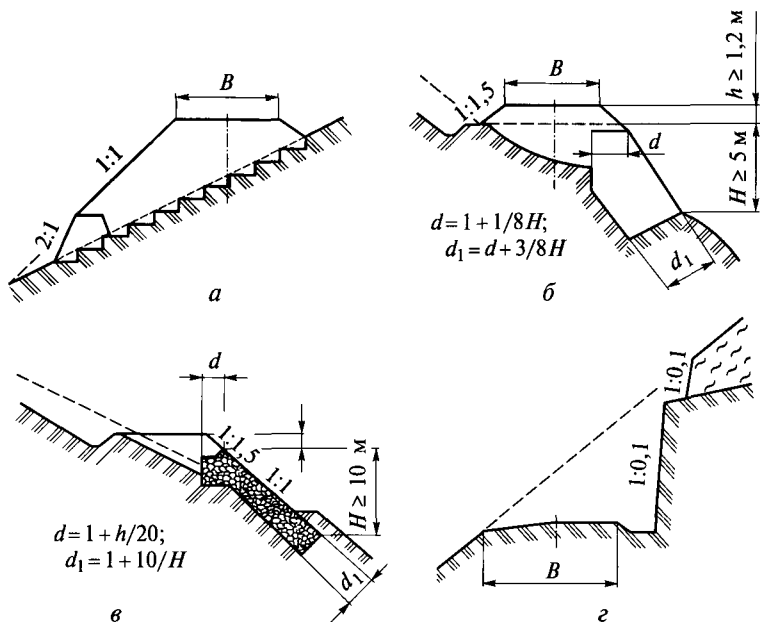


Рис. 3.4. Поперечные профили земляного полотна на крутом косогоре:

*а* — насыпь с упорным каменным банкетом; *б* — насыпь с подпорной стенкой; *в* — полувыемка-полунасыпь с укреплением откоса каменной наброской; *г* — выемка в полке; *d* — ширина подпорной стенки (каменной наброски); *d*<sub>1</sub> — ширина подошвы подпорной стенки (каменной наброски); *h* — высота насыпи над подпорной стенкой (каменной наброской); *H* — высота подпорной стенки (каменной наброски)

косогорах могут быть *полунасыпи* или *полувыемки*. Участки дороги, где земляное полотно переходит из насыпи в выемку, имеют рабочие отметки, равные нулю, и называются *нулевыми местами*. Форма земляного полотна определяется положением проектной линии продольного профиля, уклонами поверхности земли, а также грунтово-гидрологическими условиями, влияющими на устойчивость полотна дороги. Земляное полотно в насыпи ограничено с боков плоскостями, называемыми *откосами*. Линия *М* пересечения плоскости откоса с поверхностью земляного полотна называется *бровкой*. Расстояние между бровками *В* условно считается шириной земляного полотна. Линии *Н* пересечения плоскостей откосов с поверхностью земли называют *подошвой насыпи* (откоса).

Для обеспечения отвода воды с поверхности земляного полотна ей придают выпуклую форму. Площадь, образованная линией, соединяющей бровки, и поверхностью земляного полотна, называют *сливной призмой*. На лесовозных автомобильных дорогах сливная призма имеет треугольную форму (с уклоном *i*), а на однопутных железных дорогах — трапецидальную.

Высота насыпи  $H_n$  определяет возвышение бровки земляного полотна над поверхностью земли, а глубина выемки  $H_v$  — понижение бровки относительно поверхности земли. Высоту насыпи и глубину выемки (рабочая отметка) измеряют по оси дороги от линии, соединяющей бровку земляного полотна, до поверхности земли.

Крутизна откосов насыпи и выемки характеризуется отношением высоты откоса к его заложению и обозначается  $1:m$ , где  $m$  — коэффициент крутизны откоса. Коэффициент крутизны откоса зависит от вида грунта, высоты насыпи и технологии возведения земляного полотна.

Неотъемлемой частью земляного полотна является система водоотвода, предназначенная для перехвата и отвода воды, поступающей к земляному полотну. Для отвода поверхностных вод, выпадающих в виде атмосферных осадков и притекающих к земляному полотну по поверхности земли, устраиваются боковые каналы с шириной по дну  $b_k$ , глубиной  $h$ , шириной по верху  $b$  (в выемках их называют кюветами), отводные и нагорные каналы. При поперечном уклоне местности  $1:n$  менее  $1:25$  боковые каналы устраивают с обеих сторон земляного полотна, а при более крутом поперечном уклоне — только с нагорной стороны. При высоте насыпи более 1 м боковые каналы не устраиваются. К системе водоотвода относятся также *боковые резервы* — неглубокие выемки, закладываемые вдоль дороги, из которых берется грунт для возведения насыпи. Для обеспечения стока воды дно резерва планируют с приданием необходимых продольных и поперечных уклонов. Для обеспечения устойчивости земляного полотна между подошвой насыпи и бровкой резерва оставляют площадку с уклоном в сторону резерва, называемую *бермой*. При наличии поперечного уклона поверхности земли для перехвата воды с нагорной стороны устраивается нагорная канава, вода из которой выводится в пониженные места в сторону от дороги.

Грунт, получаемый при разработке выемок и не используемый для отсыпки смежных насыпей, укладывают с нагорной стороны в вал правильной формы — *кавальер*. Для перехвата воды с поверхности кавальера между бровкой выемки и кавальером устраивают *банкет*, а между банкетом и кавальером устраивают забанкетную канаву.

При поперечном уклоне местности от  $1:5$  до  $1:3$  необходимо устраивать уступы шириной не менее 2 м с уклоном  $10...20\%$  по всей ширине основания насыпи, на более крутых уклонах — упорные банкеты и подпорные стенки.

### 3.4. Дорожная одежда автомобильных дорог

Дорожной одеждой называют укрепление проезжей части дороги, выполненное в виде одного или нескольких слоев из раз-

личных материалов и служащее для создания ровной и прочной поверхности, необходимой для движения автомобилей с расчетными скоростями. Дорожная одежда является наиболее дорогим элементом лесовозной дороги (40...50 % и более от общей стоимости строительства). Дорожные одежды автомобильных дорог должны обеспечивать:

- прочность, соответствующую типу автомобилей по нагрузке на ось и расчетной интенсивности движения;
- ровность, необходимую для обеспечения движения с расчетными скоростями;
- шероховатость, достаточную для обеспечения сцепления колеса с поверхностью дороги;
- небольшую стоимость;
- механизацию при строительстве и содержании дороги.

Основные типы поперечных профилей дорожных одежд, применяемые на лесовозных дорогах, приведены на рис. 3.5.

*Серповидный профиль* (рис. 3.5, а) представляет собой наиболее простую конструкцию, удобную при строительстве и эксплуатации. При применении водопроницаемых материалов (щебень, гравий), просочившаяся вода уходит по поперечным скатам земляного полотна, не требуя специальных дренажных устройств. Недостатком является повышенный расход дорожно-строительных материалов. Серповидный профиль рекомендуют применять:

- на грунтовых дорогах, улучшенных минеральными добавками или поверхностной россыпью гравия или щебня;
- для гравийных покрытий на земляном полотне из недренирующего грунта при любой толщине покрытия и ширине обочин;
- для гравийных покрытий на земляном полотне из дренирующего грунта при ширине обочин  $a < 1$  м и при большей ширине обочин — при толщине слоя одежды менее 15 см;
- для покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими материалами при ширине обочин  $a < 1$  м и любой толщины, а при большей ширине обочин — при толщине укрепленного слоя до 15 см.

*Корытный профиль* (рис. 3.5, б, в) применяют при устройстве покрытия из дорогостоящих материалов или при большой толщине слоя покрытия. Достоинством корытного покрытия является экономия дорожно-строительных материалов, недостатками — легкость заноса грязи с обочин на проезжую часть и необходимость дренажа воды из корыта с использованием дренажных труб или устройства воронок при применении покрытий из водопроницаемых материалов. На лесовозных дорогах гравийное покрытие можно укладывать в корыте, устроенном в песчаном подстилающем слое, уложенном на всю ширину земляного полотна дороги.

*Полукорытный профиль* (рис. 3.5, г) дорожной одежды представляет собой промежуточное решение между корытным и сер-

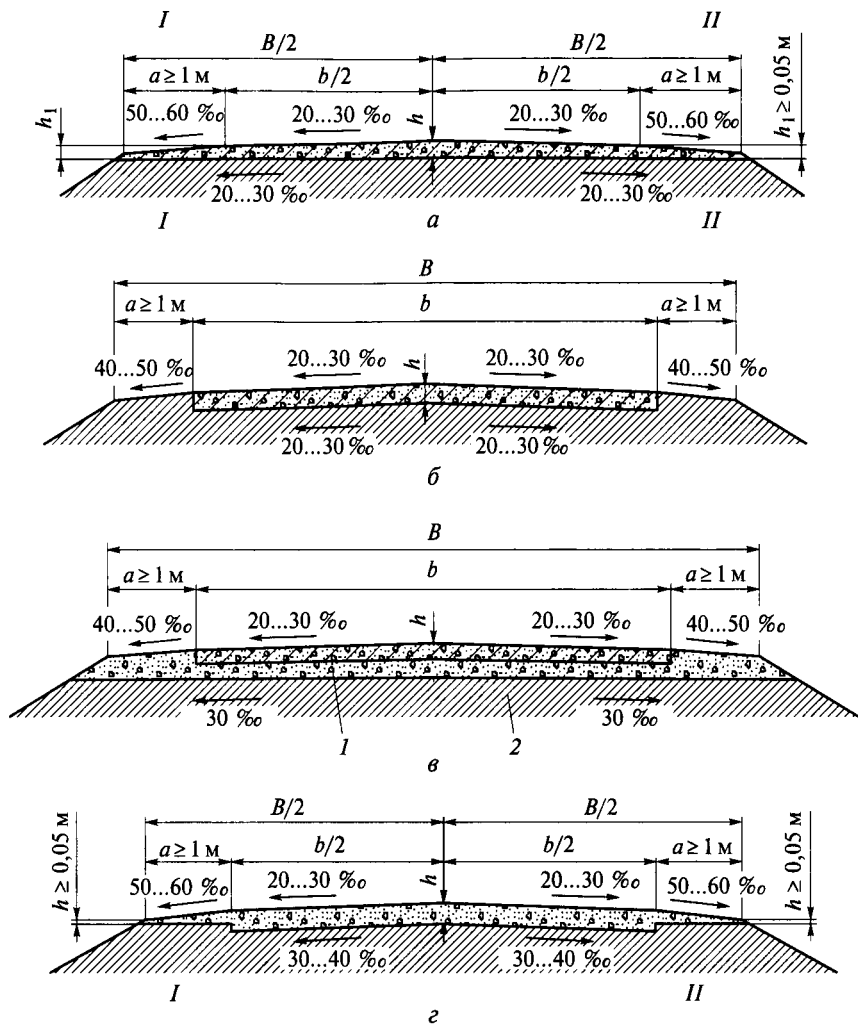


Рис. 3.5. Поперечные профили жестких дорожных одежд:

*а* — серповидный; *б* — корытный; *в* — корытный на песчаном основании; *г* — полукорытный; *I* — для гравийных и щебеночных покрытий; *II* — для материалов и грунтов, укрепленных вяжущими материалами; *1* — песчаное основание; *2* — земляное полотно; *b* — ширина проезжей части; *a* — ширина обочины; *h* — толщина дорожной одежды; *h*<sub>1</sub> — толщина дорожной одежды на бровке

повидным профилями. На лесовозных дорогах полукорытный профиль рекомендуют применять:

- для гравийных покрытий на земляном полотне из дренирующих грунтов при ширине обочин  $a > 1$  м и более и толщине слоя более 15 см;

- для дорог с покрытиями из укрепленных грунтов на земляном полотне из любых грунтов при ширине обочин 1 м и более и при толщине покрытия более 15 см.

### 3.5. Верхнее строение железнодорожного пути

Верхнее строение железнодорожного пути представляет собой часть железнодорожного пути, которое предназначено для направления движения колес подвижного состава, восприятия давления от колес и передачи этих давлений в распределенном виде на нижнее строение пути. К верхнему строению относят рельсы, шпалы, скрепления, балластный слой и противоугоны (рис. 3.6).

Два рельса нормальной длины, прикрепленные к находящимся под ними шпалами, называют *звеном*. Рельсы являются основным элементом верхнего строения пути. Форма современного рельса представляет несколько измененный двутавр. Такая форма рельсов обеспечивает наилучшее сопротивление их изгибу в вертикальном и горизонтальном направлениях, а в зоне контакта рельса с колесами сосредоточивается запас металла на износ во время эксплуатации. Количество металла в головке составляет 43... 46 %. Подошва в целях повышения устойчивости имеет увеличенную ширину, и в ней находится 33... 36 % металла рельсов. Тип рельсов различают по примерной массе 1 м длины. Для узкоколейных железных дорог изготавливают рельсы типа Р18, Р24, Р33. Срок службы рельсов зависит от размеров площади допустимого износа. Износостойкость определяется *коэффициентом износа*, равным площади изношенной части головки рельсов после пропуска 1 млн т брутто груза. Для узкоколейных рельсов его среднее значение составляет 7...8 мм<sup>2</sup>. Нормы приведенного износа (приведенный износ — сумма вертикального и половины бокового износов) составляют для рельсов Р18 4/5, для рельсов Р24 6/7, для рельсов Р33 8/10. Здесь в числителе норма для главных путей, в знаменателе — для приемно-отправочных.

Места соединения рельсов друг с другом называют *стыками*. Рельсы соединяются друг с другом с помощью накладок и стягивающих болтов. Накладки и стягивающие их болты называют *стыковыми скреплениями*. Рельсы прикрепляют (пришивают) к шпалам с помощью промежуточных скреплений, к которым относят подкладки, укладываемые между рельсами и шпалами; костыли; шурупы; болты. Для закрепления пути от перемещения в продольном направлении при действии продольных сил устанавливают *противоугоны*, которые также относят к верхнему строению пути. Рельсы вместе со шпалами образуют *рельсошпальную решетку*. Под рельсошпальной решеткой устраивают балластный слой из щебня, гравия или крупнозернистого песка. Наиболее слабым звеном

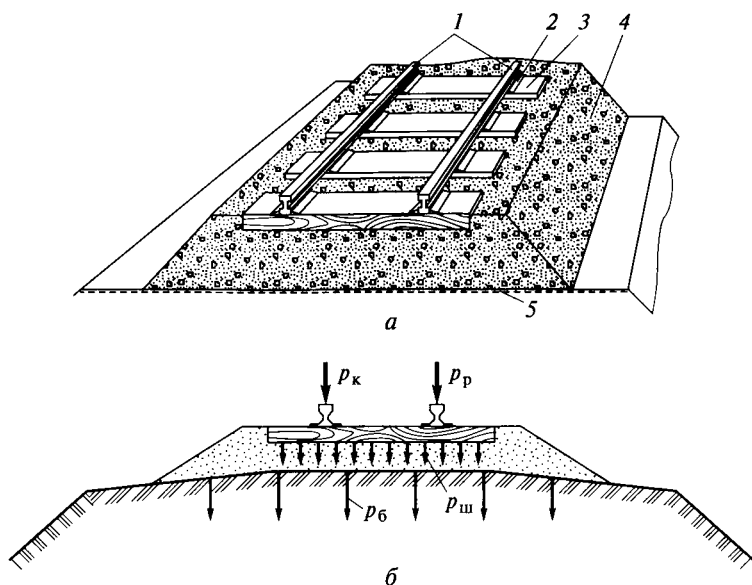


Рис. 3.6. Общий вид верхнего строения железнодорожного пути:

*а* — рельсошпальная решетка на балласте; *б* — схема передачи нагрузки элементами верхнего строения пути; 1 — рельсы; 2 — промежуточные скрепления; 3 — шпалы; 4 — балластный слой; 5 — земляное полотно;  $p_k$  — давление колеса на рельс,  $p_k = 600 \dots 800$  МПа;  $p_p$  — давление рельса на шпалу,  $p_p = 2 \dots 4$  МПа;  $p_{ш}$  — давление, передаваемое от шпалы на балласт,  $p_{ш} = 0,2 \dots 0,3$  МПа;  $p_б$  — давление балластного слоя на земляное полотно,  $p_б = 0,05 \dots 0,15$  МПа

железнодорожного пути являются стыки, поэтому для уменьшения их числа в последнее время применяют сварку стыков. Для перевода железнодорожного поезда с одного пути на другой служат стрелочные переводы.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите основные элементы пути.
2. Какими проекциями характеризуется дорога?
3. Что называют трассой и осью дороги?
4. Перечислите основные элементы и характеристики плана трассы.
5. Дайте определение продольного профиля дороги. Каковы его основные элементы?
6. Какие существуют виды проектной линии, их особенности и условия применения?
7. Назовите основные формы земляного полотна лесовозных дорог.
8. Что называют дорожной одеждой автомобильных дорог? Каковы основные требования к дорожным одеждам?
9. Что относится к верхнему строению железнодорожного пути?
10. Что относится к нижнему строению железнодорожного пути?

## ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ПОЕЗДОВ

### 4.1. Подвижной состав лесовозных автомобильных дорог

Основное назначение лесовозных дорог — перевозка по ним деревьев, хлыстов, длинномерных и короткомерных круглых лесоматериалов, щепы, корней, хвои и некондиционной древесины в виде сучьев, вершинок, обломков стволов. Кроме древесины по лесовозным дорогам перевозят рабочих, лесную технику, лесопосадочный материал, горючее, смазочные и дорожно-строительные материалы и другие хозяйственные грузы. В связи с многообразием объектов перевозок транспортные цеха лесопромышленных предприятий оснащены различными транспортными средствами или подвижным составом. Подвижной состав лесовозных дорог включает *тяговый состав* — транспортные средства, оснащенные силовой установкой для самостоятельного передвижения и *прицепной состав* — транспортные средства без силовых установок, предназначенные для перевозки груза только в сопряжении с тяговыми транспортными средствами. Тяговое транспортное средство, соединенное с одной или несколькими прицепными транспортными средствами, называют *поездом*. Тяговые средства соединяют с прицепным составом тяговыми и опорными связями. *Тяговая связь* передает только продольные тяговые и тормозные нагрузки, а *опорная* — тяговые и вертикальные нагрузки от части силы тяжести прицепной единицы и расположенного на ней груза. На автомобильных дорогах к тяговому составу относят автомобили и тягачи. *Автомобиль* — это транспортное средство, которое может самостоятельно перевозить грузы, а *тягачи* предназначены для буксирования прицепного состава. На лесовозных дорогах часто используют автомобили-тягачи, которые одновременно являются тяговым звеном автопоезда и перевозят груз на себе.

**Лесовозные автомобили.** В зависимости от осевой нагрузки и полной массы автомобиля и автопоезда согласно ГОСТ 9314—59 подразделяют на группы А и Б.

*Группа А* — автомобили и автопоезда с предельной нагрузкой на одиночную ось 100 кН, а при двух спаренных осях — 180 кН. Давление колес на поверхность дороги не должно превышать 0,65 МПа.

*Группа Б* — автомобили и автопоезда с предельной нагрузкой на одиночную ось 60 кН, а при спаренных осях — 100 кН. Давление колес на поверхность дороги не должно превышать 0,55 МПа.

Все автомобили по общему числу колес и числу ведущих колес обозначают колесной формулой, где первая цифра означает общее число колес автомобиля, а вторая — число ведущих колес. Например: 6×6 — трехосный автомобиль со всеми ведущими осями (КрАЗ-255Л), 6×4 — трехосный автомобиль с двумя ведущими осями (КамАЗ-5320), 4×4 — двухосный автомобиль с двумя ведущими осями. В качестве автомобилей-тягачей применяют серийные автомобили общепромышленного назначения МАЗ-509А, МАЗ-5434, КрАЗ-255Л1, КрАЗ-6437, «Урал-43204», выпускаемые со специальным технологическим оборудованием: поворотными кониками, тяговой балкой, ограждением кабины, приспособлением для перевозки роспуска на шасси автомобиля.

**Лесовозный колесный прицепной состав автомобильных дорог.** На вывозке древесины применяют следующие виды колесного прицепного состава: прицепы, полуприцепы и прицепы-роспуски (рис. 4.1).

*Прицепом* называют повозку с двумя или тремя осями, имеющими пневматические шины и несущую весь груз на себе. Прицеп буксируется автомобилем-тягачом, загруженным балластом или древесиной.

*Полуприцепом* называют повозку, имеющую от одной до трех осей и несущую на себе только часть нагрузки, другая часть нагрузки передается через специальное опорно-сцепное устройство, называемое *седлом*, на автомобиль. Если автомобиль не имеет грузонесущей части, то он называется *седельным*.

*Прицепом-роспуском* называют повозку, имеющую одну или две оси и несущую на себе только часть нагрузки, другая часть передается на автомобиль. В нагруженном состоянии роспуск сопрягается с автомобилем тяговой и опорной связью, а в ненагруженном

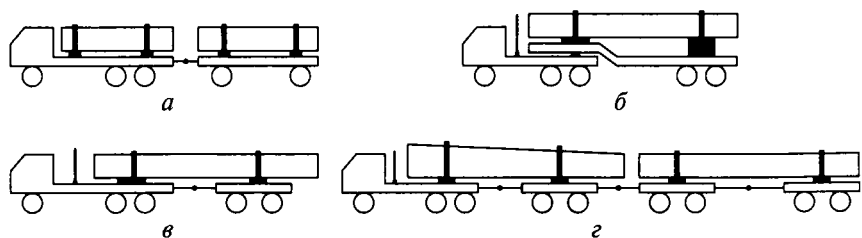


Рис. 4.1. Схемы лесовозных автопоездов:

*а* — автомобиль-тягач с прицепом; *б* — автомобиль-тягач с полуприцепом; *в* — автомобиль-тягач с прицепом-роспуском; *г* — автомобиль-тягач с тремя прицепами-роспусками (двухкомплектный автопоезд)



## Технические характеристики прицепов-ропусков

Показатель	ГКБ-9383		ГКБ-9362	ГКБ-9851
	011	010		
Масса перевозимого груза, кг	11 500	15 000	16 000	8 500
Полная масса ропуска, кг	15 650	19 150	20 150	11 500
Длина перевозимого груза, м	24...27		18...24	17...23
Габаритные размеры, мм:	10 400...11 820		12 250	11 300
длина со складывающимся дышлом				
ширина	2 612		2 612	2 500
высота по стойкам	2 900		3 015	3 012
погрузочная высота	1 670		1 750	1 728
Максимальная скорость, км/ч	60		75	65

ном — только тяговой. Прицеп-ропуск отличается от полуприцепа тем, что сцепное устройство позволяет изменять расстояние между автомобилем и ропуском в зависимости от длины перевозимого груза.

Наибольшее распространение на вывозке древесины получили прицепы-ропуски ТМЗ-802 и ГКБ-9383: первый из них — для вывозки длинномерных сортиментов и хлыстов в сцепе с автомобилями марок ЗИЛ, «Урал» и КамАЗ; второй — для вывозки деревьев и хлыстов в сцепе с автомобилями МАЗ и КраЗ.

Прицепные транспортные средства, не имеющие ведущих осей, называют *пассивными*, а при наличии ведущих осей — *активными*.

Технические характеристики прицепов-ропусков приведены в табл. 4.1.

Ропуски моделей ГКБ-9383-010, ГКБ-9383-011 и ГКБ-9362-0000010 поставляют в комплектации со складывающимся дышлом и приспособлением для перевозки ропуска на шасси автомобиля. Приспособление для перевозки ропуска на шасси автомобиля состоит из накатной площадки с буксирной рамой, лебедки с канатно-блочной системой, и складывающегося дышла с замком. Ропуск устанавливают на автомобиль-тягач при помощи лебедки (рис. 4.2, а). По мере подтягивания ропуска фиксатор дышла открывается, и дышло по шарниру начинает складываться (рис. 4.2, б). Завершается установка фиксацией дышла в гнезде специальным замком. Погрузка и разгрузка ропуска занимает не более 5 мин. Перевозка прицепов-ропусков на шасси лесовозных автомобилей при движении их без груза снижает износ резины.

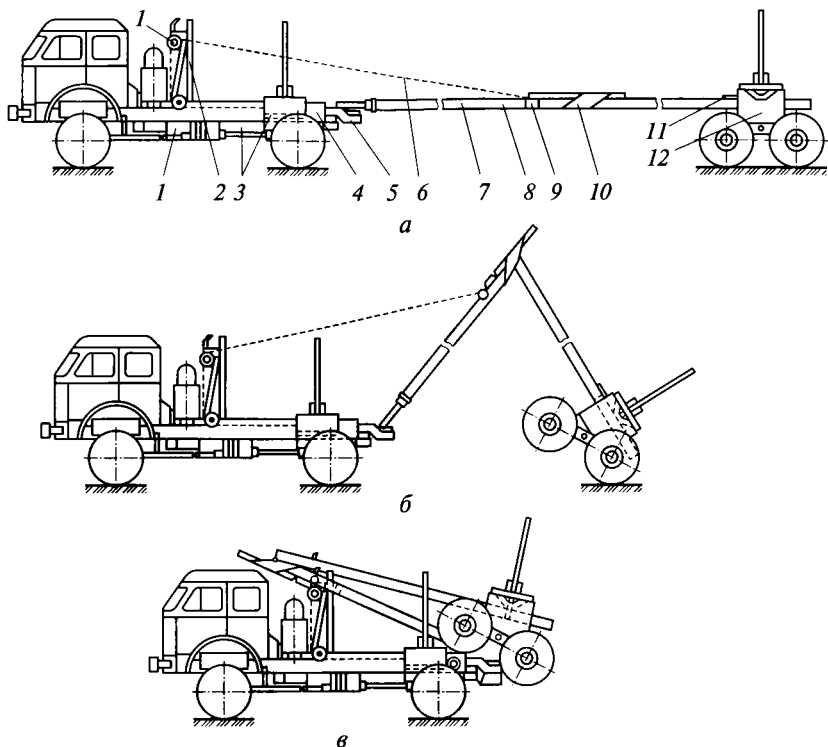


Рис. 4.2. Схема погрузки распуска на шасси автомобиля:

*a* — начало погрузки; *б* — процесс погрузки; *в* — распуск погружен на шасси автомобиля; 1 — направляющие; 2 — замок для удержания дышла; 3 — отводные ролики; 4 — лебедка; 5 — накатная плоскость; 6 — тяговый канат; 7 — дышло; 8 — гнездо крепления дышла; 9 — шкворень крепления тягового каната к дышлу; 10 — шкворень фиксации шарнира дышла; 11 — замковое устройство; 12 — балка распуска

Для вписывания автопоезда в кривые участки пути и обеспечения движения колес распуска по следу колес автомобиля между автомобилем и распуском устраивают крестообразную сцепку (рис. 4.3). Для устройства крестообразной сцепки на лесовозном автомобиле закрепляется тяговая балка, к которой присоединяются канаты крестообразной сцепки. Противоположные концы канатов крепятся к балке распуска через грузовые винты, позволяющие периодически регулировать натяжение канатов.

Для соединения автомобиля-тягача с прицепом-распуском часто используются деревянные дышла. Их длину выбирают в зависимости от длины перевозимых хлыстов. Для выбора длины дышла и правильного распределения нагрузки по осям автопоезда необходимо рассчитать расстояние между кониками автомобиля и распуска. Расстояние между кониками определяют из

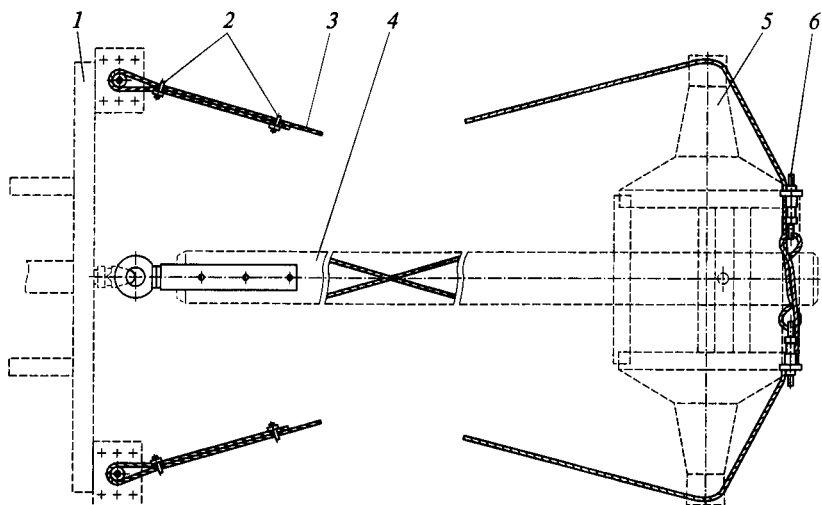


Рис. 4.3. Схема крестообразной сцепки:

1 — тяговая балка автомобиля; 2 — зажим; 3 — стальной канат; 4 — дышло; 5 — тяговая балка роспуска; 6 — рым-болт, регулирующий натяжение каната крестообразной сцепки

уравнения моментов сил относительно коников (точки  $O_1$  и  $O_2$  на рис. 4.4):

$$M_{O_1} = G_k (l_k + a - b) - Rl_k = 0; \quad (4.1)$$

$$M_{O_2} = G_k (a - b) - rl_k = 0, \quad (4.2)$$

где  $G_k$  — сила тяжести пакета древесины, кН;  $l_k$  — расстояние между кониками, м;  $a$  — комлевой свес пакета древесины за коник автомобиля, м;  $b$  — расстояние от торца хлыстов до центра тяжести пакета древесины, м;  $R$  — реакция коника автомобиля, равная нагрузке на коник от силы тяжести пакета древесины, кН;  $r$  — реакция коника роспуска, равная нагрузке на коник от силы тяжести пакета, кН.

Для хлыстов  $b = 0,33L_{хл}$ , для деревьев  $b = 0,34L_d$ , где  $L_{хл}$  — длина хлыстов, м;  $L_d$  — длина деревьев, м.

Из уравнений (4.1) и (4.2) получаем

$$l_k = \frac{G_k(b-a)}{G_k - q_a}; \quad (4.3)$$

$$l_k = \frac{G_k(b-a)}{q_n}. \quad (4.4)$$

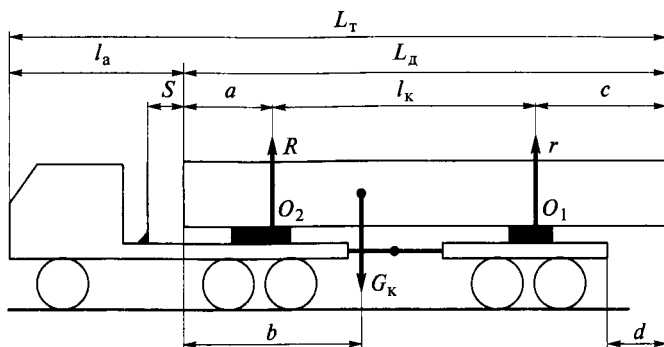


Рис. 4.4. Схема автопоезда к расчету расстояния между кониками:

$L_T$  — длина транспортного средства;  $L_д$  — длина деревьев или хлыстов;  $S$  — расстояние безопасности между пачкой хлыстов и защитной решеткой;  $c$  — расстояние от коника роспуска до крайней задней точки транспортного средства;  $d$  — свес груза

В формулах (4.3) и (4.4)  $q_a$  и  $q_{п}$  — номинальные грузоподъемности автомобиля и прицепа-роспуска, кН. Номинальная грузоподъемность автопоезда достигается при равенстве  $l_к$  по обеим формулам. При этом может быть очень большой задний свес хлыстов. По условиям безопасности движения задний свес должен быть таким, чтобы просвет между самой длинной вершиной хлыстов и дорогой был не менее 0,6 м. Для обеспечения этого условия расстояние между кониками при использовании роспусков с деревянными дышлами должно быть в 2,2—2,5 раза меньше длины хлыстов. В зависимости от средней длины перевозимых хлыстов расстояние между кониками рекомендуется принимать согласно табл. 4.2.

Предельные параметры автомобилей и автопоездов на автомобильных дорогах общего пользования установлены: ширина 2,5 м, высота 3,8 м. Полная длина автомобилей с любым числом осей не должна превышать 12 м; автопоезда с полуприцепом или с одним

Таблица 4.2

#### Расстояние между кониками автомобиля и роспуска

Состав автопоезда	Расстояние $l_к$ , м, между кониками автомобиля и роспуска при длине хлыстов, м					
	15	18	21	24	27	30
ЗИЛ-131 + ТМЗ-802	6,3	7,8	9,3	10,8	12,2	13,7
МАЗ-509 + ГКБ-9383-010	5,9	7,3	8,8	10,2	11,7	13,2
КрАЗ-255Л + ГКБ-9383-010	6,0	7,6	9,1	10,6	12,1	13,6

прицепом — 20 м, а автопоезда, в составе которого более одного прицепа, — 24 м. Свес  $d$  груза от крайней задней точки транспортного средства (см. рис. 4.4) не должен превышать 2 м.

Автомобильный подвижной состав подразделяют на *дорожный*, предназначенный для использования по дорогам общего пользования, и *внедорожный*, предназначенный для использования на специальных дорогах промышленного транспорта, а на дорогах общего пользования — только по специальным разрешениям.

Лесовозные автопоезда, эксплуатируемые на лесовозных дорогах, которые относятся к технологическим дорогам, по нагрузкам на оси и габаритам должны соответствовать Правилам технической эксплуатации лесовозных дорог и СНиП 2.05.07—91.

Технические характеристики основных автопоездов для вывозки хлыстов и деревьев приведены в табл. 4.3.

**Автопоезда-сортиментовозы.** При использовании сортиментной технологии лесосечных работ на лесосеке получают короткомерные круглые сортименты (балансы, рудстойку, кряжи для лущения шпона, дрова и т. п.). Для перевозки круглых лесоматериалов длиной от 2 м и более применяют *автомобили-сортиментовозы* и *автопоезда-сортиментовозы*, которые могут использовать как на лесовозных дорогах, так и на дорогах общего пользования для доставки сортиментов во двор потребителя. Эти транспортные средства относят к специализированным, так как они оборудованы кониками, механизмами увязки бревен, ограждениями и при необходимости гидроманипуляторами для погрузки и разгрузки. Технические характеристики автопоездов-сортиментовозов приведены в табл. 4.4.

**Автопоезда-щеповозы.** Для перевозки щепы, опилок, коры, хвои и вывоза древесного мусора используют автопоезда-щеповозы. Автопоезда-щеповозы состоят из седельного автомобиля-тягача и самосвального полуприцепа с кузовом. Кузов снабжен системой обогрева, исключаяющий смерзание щепы, и вибратором, облегчающим разгрузку щепы. Щепы загружается сверху, а разгружается назад при поднятом кузове (ЛТ-7А) или разгрузочным транспортером (ЛТ-170). Технические характеристики щеповозов приведены в табл. 4.5.

**Автомобили-контейнеровозы.** Для перевозки различных грузов (короткомерных сортиментов, тарной дощечки, паркета и т. п.) используют автомобили-контейнеровозы. Контейнеровоз состоит из седельного тягача и полуприцепа, на опорной раме которого размещается контейнер (рис. 4.5). В зависимости от вида перевозимого груза съемный контейнер может изготавливаться в виде рамы со стойками или кузовного типа.

Автопоезд может работать по трем режимам:

- с одним контейнером (при загрузке в положении на автопоезде и разгрузке в самосвальном режиме);

## Технические характеристики автопоездов для вывозки хлыстов и деревьев

Показатель	Автопоезд					
	ТМ-39-02	ТМ-39-03	Модель 6426	ТМ-33	ТМ-81	КрАЗ-6437 + ГKB-9362
Базовый автомобиль	КамАЗ-4310	«Урал-4320»	КамАЗ-53228	МАЗ-5434	МАЗ-64255	КрАЗ-6437
Мощность двигателя, кВт	151 (164)	154,3	191	198	198	220,8
Колесная формула	6×6	6×6	6×6	4×4	6×6	6×6
Прицеп-ропуск	ГKB-9383 (ГKB-9362)	ГKB-9851 (ГKB-9362, ГKB-9383)	ГKB-9362	ГKB-9362 (ГKB-9383)	ГKB-9362	ГKB-9362
Масса снаряженного автомобиля, т	—	—	9,8	8,65	13,25	11,94
Объем перевозимой древесины, м <sup>3</sup>	18,0	17,0	36,0	25,0	40,0	38,0
Полная масса автопоезда, т	26,7	26,5	41,15	34,0	48,7	47,0
Нагрузка на коник автомобиля, кН	69	60	131	69	154,5	145
Нагрузка на переднюю ось автомобиля, кН	50	46	55	54	67	67,5
Нагрузка на заднюю тележку автомобиля, кН	102	104	175	1017	220	202,5
Нагрузка на тележку роспуска, кН	115	115	191,5	115	200	230
Габаритные размеры, м:	19,0	19,2	—	—	18,5	—
длина без груза						
ширина						
высота	2,5	2,5	2,5	2,6	3,2	3,3
	3,3	3,4	3,26	3,5	—	—

Таблица 4.4

## Технические характеристики автопоездов-сортиментовозов

Показатель	Автопоезд-сортиментовоз				
	ТМ-39	ТМ-78	ТМ-45	ТМ-79	ТМ-80
Базовый автомобиль	«Урал-4320»	«Урал-4320-19-12-30»	КамАЗ-53212	МАЗ-6303-40 (6×6)	ТАТРА-Т-815 (6×6)
Прицеп	ГКБ-9362	СЗАП-83571	СЗАП-8371, -8352, -83571	МАЗ-83781	МАЗ-83782
Полная масса автопоезда, кг	26 500	32 500	31 920	46 500	49 300
Объем перевозимого груза, м <sup>3</sup> : без манипулятора с манипулятором	18,0	25,0	25,0	37,0	37,0
	15,0	22,0	22,0	34,0	34,0
Гидроманипулятор	ПЛ-70-02	ПЛ-70-02	ПЛ-70-02	—	ПЛ-70-02
Длина перевозимых сортиментов, м	Более 5	4,0... 6,5	2,0... 6,5	4,0... 10,0	2,0... 10,0

Технические характеристики щеповозов

Показатель	Щеповоз			
	ЛТ-7А	ЛТ-170	ЛТ-191	ОНЩ-54
Базовый автомобиль	МАЗ-5430	КрАЗ-258 Б1	МАЗ-54331	КамАЗ-53212
Мощность двигателя, кВт	176,6	176,5	132	—
Грузоподъемность, кН	123,00	200,00	133,00	154,75
Вместимость, м <sup>3</sup> : с надставными бортами без надставных бортов	37	70	40	54(29+25)
	25	44	28	
Максимальная скорость движения, км/ч	75	50	87	60
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	8 170	15 300	4 300	16 500
	2 500	2 630	2 500	2 500
	3 800	3 800	3 800	3 800
Полная масса, кг: полуприцепа щеповоза	5 200	11 126	5 200	6 100
	14 250	21 000	11 500	32 225

• со сменой контейнера при погрузке (автопоезд прибывает на погрузочный пункт, оставляет там пустой контейнер, натаскивает на платформу грузеный контейнер и по прибытии на разгрузочный пункт разгружается в самосвальном режиме);

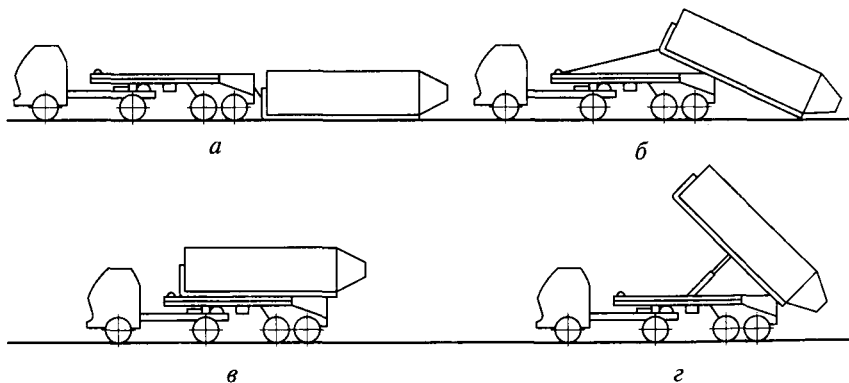


Рис. 4.5. Схема работы контейнерного автопоезда ТМ-12:

а — исходное положение; б — натаскивание контейнера; в — транспортное положение; г — выгрузка груза



• со сменой контейнеров — порожнего на груженный на погрузочном пункте и груженого на порожний на разгрузочном.

**Санний прицепной состав.** В районах с продолжительной и устойчивой зимой для автомобильной вывозки древесины используют снежные и ледяные дороги с применением санных прицепов.

**Лесовозные сани** подразделяют на однополосные и двухполосные, а по характеру распределения нагрузки между звеньями подвижного состава — роспуски, прицепы и полуприцепы.

Ходовая часть *двухполосных саней* состоит из двух полозьев, шарнирно укрепленных по ширине колеи на подкониковой раме. Полозья окованы стальными подрезами.

*Однополосные сани* состоят из одного центрального полоза с тяговыми петлями или скобами на конце и двух лыж, укрепленных на концах поперечных брусьев, которые жестко скреплены с полозом. Полоз и лыжи окованы стальными подрезами. Архангельский научно-исследовательский институт (СевНИИП) предложил заменять в зимний период колесную тележку роспуска ГKB-9383 на санный ход двухполосного роспуска ЛТ-15 без изменения конструкции рамы и коника. Замена колесной тележки на санный ход занимает не более 60 мин.

Сцепные устройства санного прицепного состава близки по конструкции к применяемым на колесном прицепном составе.

Для оценки эксплуатационных качеств автопоездов используются следующие технические параметры:

- сухая масса незаправленного и неснаряженного транспортного средства;

- собственная масса транспортного средства без груза, но заправленного топливом, охлаждающей и другими жидкостями, снаряженного инструментом, запасными колесами и т.д.;

- полная масса транспортного средства в заправленном и снаряженном состоянии и перевозимого груза;

- номинальная грузоподъемность — масса груза, перевозимая транспортным средством, соответствующая его техническим характеристикам;

- максимальная осевая нагрузка — наибольшая нагрузка от полной массы, приходящаяся на одну ось транспортного средства;

- коэффициент использования массы — отношение номинальной грузоподъемности транспортного средства к его собственной массе;

- коэффициент тары — отношение собственной массы транспортного средства к его номинальной грузоподъемности;

- коэффициент сцепной массы — отношение массы, приходящейся на сцепные колеса к полной массе транспортного средства.

## 4.2. Подвижной состав лесовозных железных дорог

Подвижной состав лесовозных железных дорог состоит из тягового и прицепного составов. Тяговый состав соединяют с прицепным тяговыми и опорными связями. Тяговая связь передает продольные (тяговые и тормозные) нагрузки, а опорная — тяговые и вертикальные нагрузки от части силы тяжести прицепной единицы и расположенного на ней груза.

**Тяговый состав узкоколейных железных дорог.** Тяговые машины на железных дорогах называют *локомотивами*, к ним относят тепловозы, электровозы и мотовозы. В настоящее время на вывозке древесины применяют на магистральных путях с прочным верхним строением с рельсами Р24 тепловозы ТУ-7 со служебной массой 24 т, а на менее прочных дорогах с рельсами Р18 — ТУ-7А со служебной массой 20 т. Для работы на ветках и на маневровых работах применяют тепловозы ТУ-6 и ТУ-8 или мотовозы (тепловозы с мощностью двигателя менее 110 кВт). Основные технические характеристики тепловозов узкой колеи приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

**Технические характеристики тепловозов узкой колеи (750 мм)**

Показатель	Тепловоз			
	ТУ-7	ТУ-7А	ТУ-8	ТУ-6А
Назначение	Грузопассажирский		Маневровый	
Номинальная мощность двигателя, кВт	294,4	294,4	132,5	93,5
Служебная масса, т	24	20	15,6	13,6
Давление от колесной пары на рельсы, МПа	600	500	450	420
Сила тяги, кН:				
при трогании с места	72	60	47,8	41
длительного режима	54	46,3	34,5	26,6
Скорость длительного режима, км/ч	12	14	10	8
Жесткая база тепловоза, мм	4 700	4 700	4 000	3 500
База тележки, мм	1 400	1 400	1 400	1 400
Общая сила нажатия тормозных осей при автоматическом торможении, кН	160	120	120	80

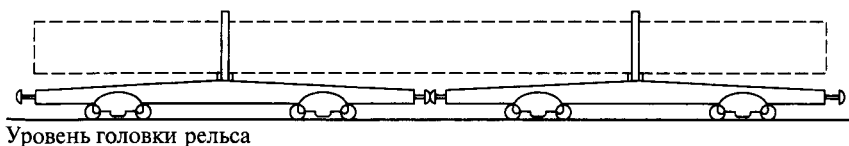


Рис. 4.6. Вагон-сцеп ЦНИИМЭ-ДВЗ

**Прицепной подвижной состав узкоколейных железных дорог.** Прицепной подвижной состав на лесовозных УЖД представлен всеми типами вагонов: крытыми, пассажирскими, платформами, цистернами, а также специальными конструкциями вагонов-сцепов для перевозки длинномерных грузов — хлыстов и деревьев.

Лесовозная платформа предназначена для вывозки сортиментов и перевозки техники и хозяйственных грузов.

Вагоны-сцепы отличаются от обычных вагонов тем, что каждый из них состоит из двух одинаковых единиц — четырехосных полусцепов, имеющих осевую формулу  $2-2+2-2$ .

Вагон-сцеп ЦНИИМЭ-ДВЗ (рис. 4.6) состоит из двух полусцепов. Каждый из полусцепов вместо обычной вагонной рамы имеет хребтовую балку с ударно-тяговыми приборами, коник, установленный посередине хребтовой балки, две двухосные тележки и тормозную систему. Замена обычной рамы хребтовой балкой предохраняет длинные и тяжелые пакеты хлыстов от продольного перемещения при рывках, толчках поезда и при торможении.

Вагон-сцеп ЛТ-24 (рис. 4.7) состоит из четырех двухосных тележек 3, на которые опираются две хребтовые балки 2 выпуклостью вниз, соединенные телескопической тягой 8. На хребтовых балках установлены два поворотных рамных коника 5, каждый из которых может перемещаться вдоль оси вагона-сцепы. По концам хребтовых балок установлены ударно-тяговые приборы 1.

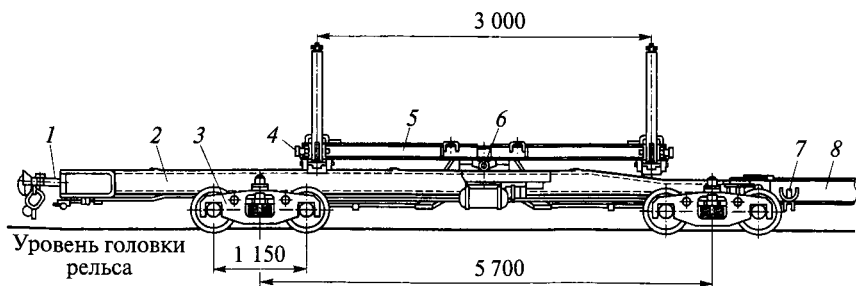


Рис. 4.7. Вагон-сцеп ЛТ-24:

1 — ударно-тяговой прибор; 2 — хребтовая балка; 3 — тележка; 4 — фиксатор коника; 5 — рамный коник; 6 — пятник; 7 — пружинный амортизатор; 8 — телескопическая тяга

Технические характеристики вагонов-сцепов

Показатель	Серия вагонов-сцепов	
	43-090	43-091
Грузоподъемность, кН	270	280
Собственная масса, т	9,5	8,8
Длина перевозимых хлыстов, м	8...24	8...24
Минимальный радиус кривых, м	50	50
Конструктивная скорость, км/ч	50	50

Грузоподъемность вагона-сцепы ЛТ-24 28 т, вместимость — 35 м<sup>3</sup>. В настоящее время выпускают две серии вагонов-сцепов — 43-090 и 43-091, — технические характеристики которых приведены в табл. 4.7.

### 4.3. Погрузочно-разгрузочные средства

Эффективная работа транспортных средств на вывозке древесины в значительной степени зависит от механизации погрузочно-разгрузочных работ, четкой организации работ в пунктах погрузки и выгрузки.

В лесной отрасли широкое применение нашли *самоходные челюстные погрузчики перекидного типа* на базе трелевочных тракторов, технические характеристики которых приведены в табл. 4.8. Хлысты и сортименты на лесовозные транспортные средства грузят на погрузочных пунктах, располагаемых около лесовозных дорог. Для этого выбирают сравнительно ровную площадку, на которой спиливают пни заподлицо с землей. Размеры площадки подбирают так, чтобы разместить штабель хлыстов длиной 30...40 м. Расстояние между штабелями принимают в зависимости от технологии разработки лесосек, числа погрузочных пунктов на лесосеке. При этом штабеля размещают на расстоянии не менее 100 м от места поворота трелевочного трактора с хлыстами. Поперечный уклон площадки не должен превышать 20 ‰. Уклон дороги около погрузочной площадки для автомобильного транспорта не должен превышать 20 ‰ на спуске и 10 ‰ на подъеме, на УЖД соответственно 4 и 3 ‰. Производительность самоходных перекидных погрузчиков при хорошей организации работ составляет 300...500 м<sup>3</sup> древесины в смену.

При малых объемах погрузки использование дорогостоящих погрузчиков нецелесообразно. Для этого используют погрузочные

## Технические характеристики челюстных погрузчиков

Показатель	Погрузчик		
	ПЛ-1В	ЛТ-65Б	ЛТ-188
Базовый трактор	ТДТ-55Л	ТТ-4	ТТ-4М
Максимальная грузоподъемность, кН	32	35	40
Максимальная высота подъема груза, м	2,8	4	4
Собственная масса, кг	11 300	16 800	18 600

устройства — *краны-гидроманипуляторы*, смонтированные на автомобиле или на автопоезде. Возможные схемы расположения кранов-гидроманипуляторов на автопоездах показаны на рис. 4.8, технические характеристики гидроманипуляторов приведены в табл. 4.9.

Манипулятор имеет выносные гидравлические опоры и несущие элементы: колонну, стрелу и рукоять с поворотными грейферными захватами. Пульт управления размещен на колонне. Для защиты оператора от непогоды имеется выдвижной тент. При вы-

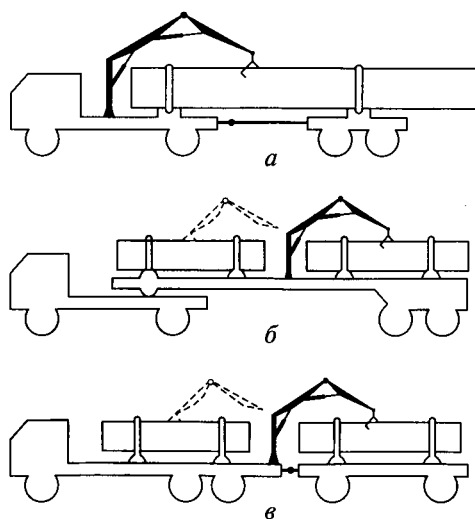


Рис. 4.8. Схемы размещения манипулятора на автопоезде:

*a* — за кабиной автомобиля; *б* — на середине платформы полуприцепа; *в* — на конце кузова автомобиля

**Технические характеристики гидроманипуляторов  
ОАО «Соломбальский машзавод»**

Показатель	Гидроманипулятор	
	СФ-65С	СФ-90С
Масса, кг	1 800	2 350
Подъемный момент, кН · м	65	90
Максимальный вынос, мм	7 100	7 800
Угол поворота стрелы, ...°	415	405
Транспортная высота, мм	2 500	2 650
Транспортная ширина, мм	2 400	2 150
Гидронасос:		
рабочее давление, МПа	17	20
подача, л/мин	80	80
потребляемая мощность, кВт	25	29
Ротатор:		
угол поворота, ...°	Полноповоротный	
поворотный момент, кН · м	1,14	
Рекомендуемый объем хлыста, м <sup>3</sup>	Менее 0,3	Более 0,3

возке хлыстов гидроманипулятор устанавливают непосредственно за кабиной автомобиля. Хлысты грузят и разгружают поштучно. Для погрузки и перевозки сортиментов гидроманипулятор монтируют на задней части рамы автомобиля или на середине седельного полуприцепа. В этих случаях манипулятор может грузить два пакета лесоматериалов.

Для разгрузки древесины с транспортных средств на нижних складах используют различную грузоподъемную технику: канатные установки горизонтального действия (РРУ-10М), кабельные краны (КК-21), козловые краны (КК-32, ЛТ-62), мостовые краны. Тяговое усилие установок РРУ-10М и грузоподъемность кабельных, козловых и мостовых кранов достаточны для разгрузки подвижного состава за один прием, при этом затраты времени незначительны (около 10 мин). Поэтому производительность разгрузочных устройств, как правило, не лимитирует производительность на вывозке древесины.

Для разгрузки древесины на крупных лесоперерабатывающих предприятиях с разветвленными технологическими потоками применяют большегрузные погрузчики-штабелеры. Они разгружают

транспортное средство в любом месте площади склада за один прием и подают древесину к технологическим потокам как в процессе разгрузки, так и из штабелей запаса.

#### 4.4. Силы, действующие на поезд

Часть лесотранспортной науки, изучающая силы, возникающие в процессе взаимодействий движения транспортного средства с еzdовой поверхностью, принято называть *механикой лесотранспорта*.

При проектировании транспортных систем лесных предприятий и организации вывозки древесины из лесосек на нижние склады или потребителям, возникает необходимость решения тягово-эксплуатационных задач.

Все элементы дороги должны обеспечивать возможность безопасного движения транспортных средств с расчетной скоростью. Чем выше интенсивность движения по дороге, тем большие взаимные помехи испытывают автомобили и тем больше скорость их движения снижается. Требования к отдельным элементам дороги устанавливают исходя из требований безопасности движения одиночного транспортного средства (автомобиля, поезда), а при выполнении эксплуатационных расчетов при высокой интенсивности движения по дороге учитывают взаимодействие автомобилей в потоке. Фактический режим движения автопоезда по дороге определяется тремя факторами: эксплуатационными свойствами автопоезда, дорожными условиями, обеспечивающими возможность развить ту или иную скорость, и индивидуальными особенностями водителя, избирающего, в зависимости от восприятия им дорожных условий, наиболее удобную для себя скорость.

На транспортные средства, движущиеся по дороге, действуют внутренние и внешние силы. Внутренние силы (в сцепных приборах и т. п.) не оказывают существенного влияния на режим движения поезда, и в тяговых расчетах их не учитывают. Внешние силы воздействуют на транспортные средства в продольной и поперечной, горизонтальной и вертикальной плоскостях. Режим движения транспортных средств определяется главным образом горизонтальными касательными активными и реактивными силами.

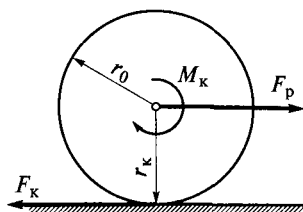
**Сила тяги.** Сила тяги, развиваемая двигателем на ведущих колесах транспортного средства, расходуется на преодоление сил сопротивления движению.

Механическая энергия, вырабатываемая двигателем транспортного средства, передается через трансмиссию на ведущие колеса.

Крутящий момент колеса  $M_k$ , Н · м, вызывает появление пары сил. Одна из них — окружная сила  $F_k$ , Н, приложенная к площад-

Рис. 4.9. Тяговое усилие на колесах автомобиля:

$M_k$  — крутящий момент;  $F_p$  — тяговое усилие;  $F_k$  — касательная сила тяги;  $r_0$  — радиус колеса;  $r_k$  — радиус качения колеса



ке контакта колеса с ездовой поверхностью (покрытие на автомобильной дороге, рельс на железной дороге), передаваясь на ездовую поверхность, как бы стремится сдвинуть его в сторону, противоположную движению. Вторая сила — тяговое усилие  $F_p$  — передается через ведущий мост и рессоры на раму транспортного средства и вызывает его движение.

Тяговое усилие  $F_p$ , Н, определяют по формуле

$$F_p = \frac{M_k}{r_k}, \quad (4.5)$$

где  $r_k = \lambda r_0$  — радиус качения ведущих колес с учетом обжатия шины в зоне контакта с дорогой (рис. 4.9);  $\lambda$  — коэффициент деформации шины, на твердой поверхности  $\lambda = 0,945 \dots 0,950$  для пневматических шин высокого давления и  $\lambda = 0,930 \dots 0,935$  для шин низкого давления (на железных дорогах  $\lambda = 1$ ).

Крутящий момент на ведущих колесах  $M_k$  может быть определен по формулам

$$M_k = M_d i_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}} \beta_0 \gamma_0 \quad (4.6)$$

и

$$M_k = \frac{N_d i_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}} \beta_0 \gamma_0}{n_d}, \quad (4.7)$$

где  $M_d$  — крутящий момент, развиваемый двигателем машины, Н·м;  $i_{\text{тр}}$  — передаточное число трансмиссии от двигателя до колес;  $\eta_{\text{тр}}$  — коэффициент полезного действия трансмиссии, для двухосных грузовых автомобилей  $\eta_{\text{тр}} = 0,9$ , для трехосных  $\eta_{\text{тр}} = 0,8$ ;  $\beta_0$  — коэффициент отбора мощности двигателя на вспомогательные нужды (освещение, компрессор и т.д.),  $\beta_0 = 0,9 \dots 0,95$ ;  $\gamma_0$  — коэффициент использования мощности;  $N_d$  — эффективная мощность двигателя, кВт;  $n_d$  — частота вращения вала двигателя,  $1/\text{с} = \text{рад}/\text{с} = 2\pi \text{ мин}^{-1}$ .

Подставляя формулы (4.6) и (4.7) в формулу (4.5), получим формулы для определения тягового усилия:

$$F_k = \frac{M_d i_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}} \beta_0 \gamma_0}{r_k} \quad (4.8)$$



или

$$F_k = \frac{N_d i_{тр} \eta_{тр} \beta_o \gamma_o}{n_d r_k}. \quad (4.9)$$

Каждой частоте вращения коленчатого вала  $n_d$  соответствует определенная скорость движения, м/с или км/ч соответственно:

$$v = \frac{2\pi r_k n_d}{60 i_k i_o} \quad (4.10)$$

или

$$v = 0,377 \frac{r_k n_d}{i_k i_o}. \quad (4.11)$$

При постоянной частоте вращения коленчатого вала использование понижающих передач приводит к увеличению силы тяги и соответствующему уменьшению скорости движения.

Мощность  $N_d$  и крутящий момент  $M_d$ , развиваемые двигателем, зависят от частоты вращения коленчатого вала. Эти зависимости, представленные графически, называются *графиками внешней скоростной характеристики двигателя* (рис. 4.10). Внешние скоростные характеристики получают путем испытания двигателя при полном открытии дросселя карбюратора или полной подаче топлива в дизелях, поэтому оценивают максимальную мощность, которую может развивать двигатель при той или иной частоте вращения коленчатого вала. На этом же графике показана топливная характеристика — зависимость удельного расхода  $g_e$  (г/(кВт·ч)) топлива от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Используя график внешних скоростных характеристик и зависимости (4.8) и (4.9), можно определить значение тягового усилия  $F_k$  при различных скоростях движения. Эти графики, называемые *тяговыми характеристиками* (рис. 4.11), широко используют при тяговых расчетах.

Тяговое усилие на колесах транспортного средства, обеспеченное мощностью двигателя, может быть реализовано лишь в том случае, если между ведущими колесами и ездовой поверхностью имеется достаточное сцепление. Значение отношения максимального тягового усилия  $F_k$  к вертикальной нагрузке на колесо  $G_k$ , при превышении которого начинается пробуксовывание ведущего колеса или проскальзывание заторможенного, называют *коэффициентом сцепления*  $\varphi_c$ .

При расчете элементов дороги всегда соблюдают условие, что геометрическая сумма сил, действующих в плоскости контакта шины с дорогой, не должна превышать значения силы сцепления:

$$F_k \leq G_{сш} \varphi_c, \quad (4.12)$$

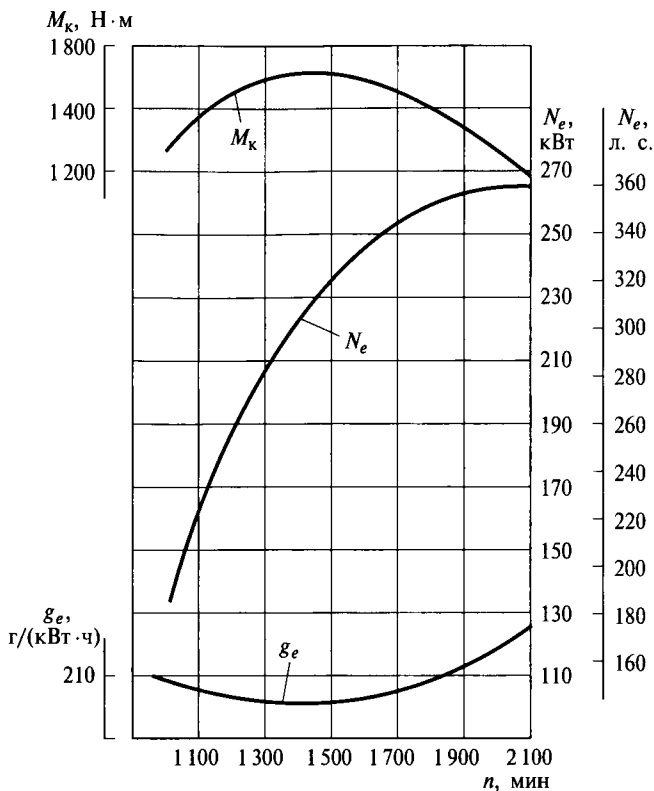


Рис. 4.10. Внешняя скоростная характеристика автомобиля МАЗ-63031:  $M_k$  — крутящий момент;  $N_e$  — мощность брутто;  $g_e$  — удельный расход топлива;  $n$  — частота вращения коленчатого вала двигателя

где  $G_{сц}$  — сцепная сила тяжести, кН, — сила тяжести, приходящаяся на ведущие колеса.

Нормируют две величины коэффициента сцепления:

- коэффициент продольного сцепления — коэффициент сцепления, соответствующий началу пробуксовывания или проскальзывания колеса при качении без воздействия боковой силы. Его используют при выполнении тяговых расчетов по определению тормозного пути, руководящего уклона, максимального спуска;

- коэффициент поперечного сцепления — поперечная составляющая коэффициента сцепления при смещении колеса под углом к плоскости движения, когда колесо одновременно и вращается и скользит в бок. Этот коэффициент используют при расчете боковой устойчивости автомобиля на кривых, при расчете виража.

Коэффициент сцепления колеса с дорогой — важная характеристика обеспечения транспортных качеств дороги; от его значения зависит возможность реализации тяговой силы транс-

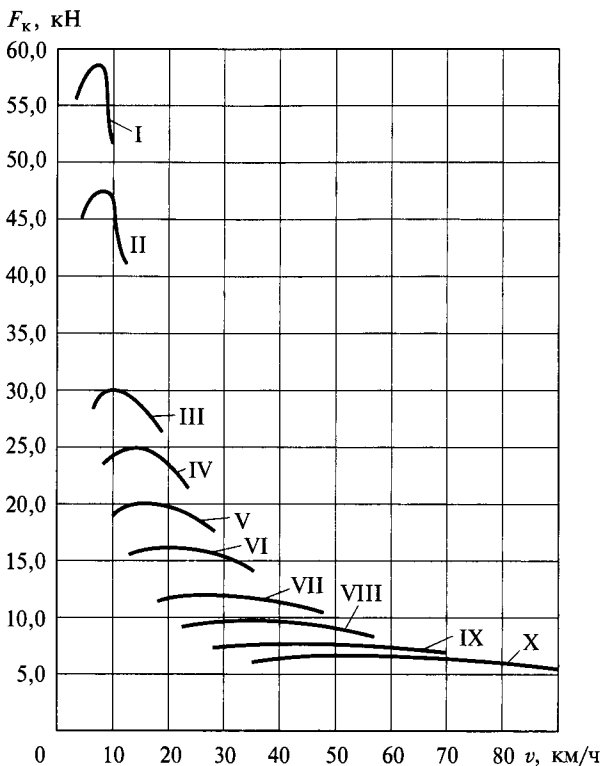


Рис. 4.11. Тяговая характеристика автомобиля КамАЗ-5320:  
I—X — передачи

портного средства, устойчивость автомобиля против заноса на кривых в плане и возможность своевременно остановить перед неожиданно возникшим препятствием.

Значение коэффициента сцепления меняется в широких пределах и зависит от типа покрытия, погодных условий, скорости движения.

Учитывая изменения сцепных качеств покрытий при различных скоростях движения автотранспортных средств, профессором А. П. Васильевым на основании обработки данных различных авторов установлены значения коэффициентов сцепления при скорости 20 км/ч ( $\varphi_{20}$ ) и коэффициентов  $\beta_{\varphi}$  снижения сцепных качеств покрытия при изменении скорости движения. При этом коэффициент сцепления  $\varphi_v$  при любой скорости движения  $v$  (от 20 до 120 км/ч) может быть определен по формуле

$$\varphi_v = \varphi_{20} - \beta_{\varphi}(v - 20). \quad (4.13)$$

Значения этих коэффициентов приведены в табл. 4.10.

Значения коэффициентов сцепления  $\Phi_{20}$  и коэффициентов снижения сцепных качеств покрытия  $\beta_{\Phi}$ 

Тип покрытия	Состояние покрытия					
	Сухое		Мокрое чистое		Мокрое грязное	
	$\Phi_{20}$	$\beta_{\Phi}$	$\Phi_{20}$	$\beta_{\Phi}$	$\Phi_{20}$	$\beta_{\Phi}$
<i>Для различных типов и состояния покрытия</i>						
Цементобетонное	0,80 ... 0,85	0,002	0,65 ... 0,70	0,0035	0,40 ... 0,45	0,0025
Асфальтобетонное с шероховатой обработкой	0,80 ... 0,85	0,0035	0,60 ... 0,65	0,0035	0,45 ... 0,55	0,0035
Из горячего асфальтобетона без шероховатой обработки	0,80 ... 0,85	0,002	0,50 ... 0,60	0,0035	0,35 ... 0,40	0,0025
Из холодного асфальтобетона	0,60 ... 0,70	0,005	0,40 ... 0,50	0,004	0,30 ... 0,35	0,0025
Чернощебеночное с шероховатой обработкой	0,60 ... 0,70	0,004	0,50 ... 0,60	0,004	0,30 ... 0,35	0,0025
То же, без обработки	0,50 ... 0,60	0,004	0,40 ... 0,50	0,005	0,25 ... 0,30	0,003
Щебеночное (гравийное)	0,60 ... 0,70	0,004	0,55 ... 0,60	0,0045	0,25 ... 0,30	0,003
Грунтовое улучшенное	0,40 ... 0,50	0,005	0,25 ... 0,40	0,005	0,20	0,003
<i>Для любых типов покрытий при наличии снега</i>						
Состояние снега	$\Phi_{20}$			$\beta_{\Phi}$		
Снег рыхлый	0,15 ... 0,35			0,004		
Снег уплотненный	0,20 ... 0,50			0,0025		
Гололед	0,08 ... 0,20			0,002		

В зимнее время при наличии рыхлого снега на дороге коэффициент сцепления мало зависит от шероховатости, а более значительно от плотности, твердости и температуры снега. Чем более плотен и прочен снег, тем меньше коэффициент сцепления. Так, при твердости снега 0,2 МПа  $\varphi = 0,30 \dots 0,45$ , а при твердости снега 1,2 МПа  $\varphi = 0,15 \dots 0,21$ .

Для определения коэффициента сцепления на дорогах, покрытых снегом, при скоростях меньше 20 км/ч А. П. Васильев предложил формулу

$$\varphi_v = \varphi_{20} - \beta\varphi_0 v, \quad (4.14)$$

где  $\varphi_0$  — условный коэффициент сцепления при скорости, близкой к нулевой;  $\beta\varphi_0$  — коэффициент снижения сцепных качеств при малых скоростях:

- для рыхлого снега  $\varphi_0 = 0,20 \dots 0,45$ ;  $\beta\varphi_0 = 0,003 \dots 0,004$ ;
- плотного снега  $\varphi_0 = 0,30 \dots 0,55$ ;  $\beta\varphi_0 = 0,025 \dots 0,0030$ ;
- гололеда  $\varphi_0 = 0,12 \dots 0,22$ ;  $\beta\varphi_0 = 0,0020 \dots 0,0025$ .

При сложных погодных условиях (дожде, снеге) коэффициент сцепления уменьшается, поэтому в целях безопасности движения следует особое внимание уделять скоростному режиму движения.

При выполнении тягово-эксплуатационных расчетов часто пользуются величиной *удельной силы тяги*  $f_k$ , Н/т:

$$f_k = \frac{F_k}{Q}, \quad (4.15)$$

где  $Q$  — масса транспортного средства.

**Силы сопротивления движению.** Сила тяги, развиваемая двигателем на ведущих колесах автомобиля, расходуется на преодоление сил сопротивления движению. В общем случае ускоренного движения на подъемах на транспортное средство действуют следующие силы сопротивления: сопротивления качению; сопротивления воздушной среды; сопротивления движению от уклона пути; сопротивления инерционных сил; дополнительного сопротивления движению на кривых участках дорог; сопротивления троганию с места, а также силы трения в подшипниках колес и др.

**Сопротивление качению** вызывается затратой энергии на деформацию шин и дороги. В зависимости от соотношения жесткости колеса и дороги соотношение этих деформаций различно. При движении по жесткой и полужесткой дорожной одежде основная энергия затрачивается на деформацию шины, а деформация дороги незначительна и имеет упругий характер. При движении по нежесткому покрытию деформации дороги могут быть значительными и иметь как упругую, так и остаточную составляющие. В этом случае на покрытии создается колея.

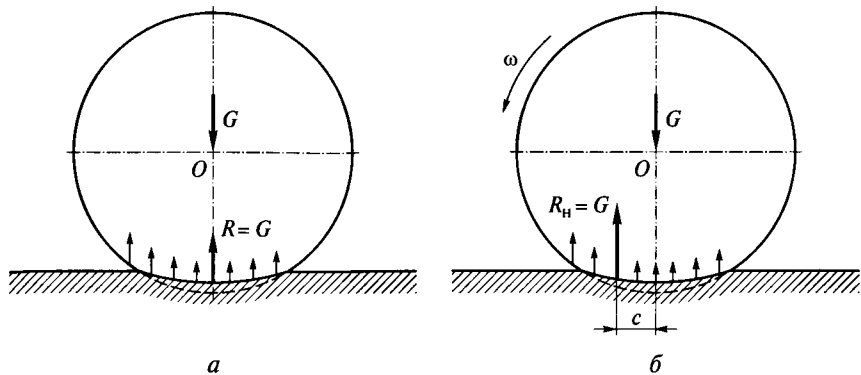


Рис. 4.12. Схема взаимодействия колеса с дорогой:

*a* — неподвижное колесо; *б* — катящееся колесо;  $G$  — вертикальная нагрузка, приходящаяся на колесо;  $R$  — вертикальная составляющая реакции дороги;  $R_n$  — нормальная составляющая реакции дороги от катящегося колеса;  $c$  — смещение равнодействующей реакции дороги от вертикального диаметра колеса; стрелкой показано направление вращения колеса

У неподвижного колеса зона контакта с дорогой представляет собой эллипс, элементарные реакции дороги расположены симметрично продольной и поперечной осям колеса. Вертикальная составляющая  $R$  реакции дороги при этом совпадает с вертикальной осью колеса (рис. 4.12, *a*) и по значению равна вертикальной нагрузке  $G$  на колесо —  $G = R$ .

У катящегося колеса в связи с сопротивлением деформации шины и дороги симметричность зоны контакта и элементарных реакций относительно оси колеса нарушаются и вертикальная составляющая  $R_n$  равнодействующей реакции дороги смещается от вертикальной оси колеса на некоторое расстояние  $c$  в сторону качения (рис. 4.12, *б*). При этом создается момент сопротивления качению

$$M_k = R_n c. \quad (4.16)$$

Касательная реактивная сила сопротивления качению может быть определена делением момента сопротивления на радиус  $r_k$  качения колеса

$$R_c = \frac{M_k}{r_k} = \frac{R_n c}{r_k} = R_n \frac{c}{r_k}. \quad (4.17)$$

Отношение  $\frac{c}{r_k}$  является коэффициентом сопротивления качению  $f_d$ , приведенным к радиусу качения  $r_k$ .

Коэффициенты сопротивления качению всех колес транспортного средства (ведущих и ведомых) близки по значению, поэто-

му для практических тягово-эксплуатационных расчетов сопротивление качению транспортного средства

$$P_k = Gf_d. \quad (4.18)$$

Коэффициент сопротивления качению зависит от типа и состояния покрытия. По данным профессора А. П. Васильева, коэффициенты сопротивления качению автомобилей при скорости движения 20 км/ч имеют значения, приведенные в табл. 4.11.

При изменении скорости движения значение коэффициента сопротивления качению изменяется. На дорогах с расчетной скоростью движения до 60 км/ч коэффициент сопротивления качению принимают по данным табл. 4.11. При скоростях движения  $v > 60$  км/ч коэффициент сопротивления качению определяют по формуле

$$f_d = f_{20} + k_f(v - 20),$$

где  $f_d$  — расчетное значение коэффициента сопротивления качению;  $f_{20}$  — значение коэффициента сопротивления качению при скорости 20 км/ч, определяемое по табл. 4.11;  $k_f$  — коэффициент, для грузовых автомобилей  $k_f = 0,00025$ , для легковых  $k_f = 0,0002$ .

В зимнее время на значение коэффициента сопротивления качению влияет наличие на покрытии снега и гололеда.

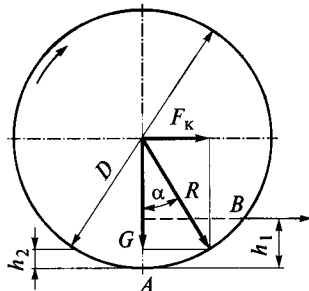
На покрытиях всех типов коэффициент сопротивления качению с толщиной слоя рыхлого снега  $h < 10$  мм  $f_{20} = 0,03...0,06$ ; при  $h = 10...20$  мм  $f_{20} = 0,04...0,10$ ;  $h = 20...40$  мм —  $f_{20} = 0,08...0,12$ ;  $h = 40...60$  мм —  $f_{20} = 0,09...0,15$ ; на покрытиях с гололедом  $f_{20} = 0,025...0,05$ ; на покрытиях (кроме грунтовых) с ровным плот-

Таблица 4.11

**Коэффициенты  $f_{20}$  сопротивления качению автомобилей**

Тип покрытия	Состояние покрытия		
	Сухое	Мокрое чистое	Мокрое грязное
Цементно- и асфальтобетонное	0,01 ... 0,02	0,02 ... 0,03	0,03 ... 0,035
То же, с поверхностной обработкой	0,02 ... 0,025	0,02 ... 0,03	0,03 ... 0,035
Холодный асфальтобетон	0,02 ... 0,025	0,025 ... 0,035	0,03 ... 0,045
Чернощебеночное (черногравийное)	0,02 ... 0,03	0,025 ... 0,035	0,03 ... 0,05
Щебеночное, гравийное	0,035	0,035 ... 0,05	0,04 ... 0,06
Грунтовое	0,03	0,04 ... 0,05	0,05 ... 0,015

Рис. 4.13. Схема качения колеса по деформируемой поверхности



ным слоем снега  $f_{20} = 0,04 \dots 0,10$ ; на грунтовых покрытиях с плотным слоем снега  $f_{20} = 0,06 \dots 0,10$ .

При движении по деформирующимся поверхностям с образованием колеи сопротивление качению возрастает, так как добавляется трение боковых поверхностей шины о стенки колеи.

При качении колесо вдавливаются в грунт на величину  $h_1$  (рис. 4.13). Эта деформация частично восстанавливается (на величину  $h_2$ ) за счет упругости грунта при выходе колеса из контакта с дорогой. При равновесии между давлением колеса  $R$  и сопротивлением грунта  $W$  элементарное сопротивление по поверхности контакта  $AB$  составляет

$$dW = qbds,$$

где  $q$  — сопротивление грунта на  $1 \text{ см}^2$ , Н;  $b$  — ширина обода, см;  $ds$  — длина элементарной полоски обода, см.

Давление колеса  $dR$  на элементарную полоску  $ds$  должно уравновешиваться сопротивлением грунта  $dW$ . Суммируя проекции сил, получим:

$$F_k = dW \sin \alpha = 0;$$

$$G = dW \cos \alpha = 0.$$

Отсюда

$$G = \int_0^{a_1} q b dx \text{ и } F_k = \int_0^{h_1} q b dy,$$

где  $a_1$  — радиус чаши прогиба дороги под колесом автомобиля (проекция полосы  $AB$  на горизонтальную ось).

Сопротивление  $q$  зависит от глубины вдавливания колеса  $h$  и обычно описывается зависимостью  $q = Ch^\mu$ , где  $C$  и  $\mu$  — параметры, зависящие от свойств грунта. Приняв для упрощения, что  $h_2 = 0$  и  $h_1 = h$  и подставив значение  $q$ , в результате интегрирования получим



$$G = Cbh^\mu \left(1 - \frac{\mu}{3}\right) \sqrt{Dh};$$

$$F_k = Cb \frac{h^{\mu+1}}{\mu+1}.$$
(4.19)

Коэффициент сопротивления качению при этом определим по формуле

$$f_d = \frac{F_k}{G} = \frac{1}{(\mu+1)\left(1 - \frac{\mu}{3}\right)} \sqrt{\frac{h}{D}} = \xi \sqrt{\frac{h}{D}},$$

где  $h$  — глубина колеи;  $D$  — диаметр колеса;  $\xi$  — коэффициент, зависящий от состояния грунта (для сухих связных грунтов  $\xi = 0,6$ ; для пластичных связных грунтов и сухих песков  $\xi = 0,8$ ; для грунтов с влажностью более предела текучести  $\xi = 1$ ). Зная значения параметров грунта  $C$  и  $\mu$  и преобразуя формулу (4.19), можно определить ожидаемую глубину колеи.

Из приведенной формулы видно, что основное удельное сопротивление движению на деформируемой поверхности (на усах, на бездорожье) снижается при увеличении диаметра колеса и уменьшении глубины колеи, т. е. при более плотном грунте.

При выполнении тяговых расчетов на лесовозном транспорте используют *удельное сопротивление качению*  $\omega_k$ , Н/т:

$$\omega_k = \frac{P_k}{Q},$$
(4.20)

где  $Q$  — масса транспортного средства, т.

Значение удельного сопротивления движению при скоростях движения до 60 км/ч для лесных дорог можно принимать постоянным: для дорог с грунтовым и гравийным покрытием, обработанных вяжущими,  $\omega_k = 250 \dots 300$  Н/т; для грунтовых и гравийных покрытий без обработки  $\omega_k = 350 \dots 600$  Н/т; для покрытий из железобетонных плит  $\omega_k = 200 \dots 250$  Н/т; для лежневых покрытий и деревянных щитов  $\omega_k = 250 \dots 300$  Н/т; для ледяных покрытий  $\omega_k = 250 \dots 300$  Н/т (меньшие значения для магистралей и веток, большие — для усов).

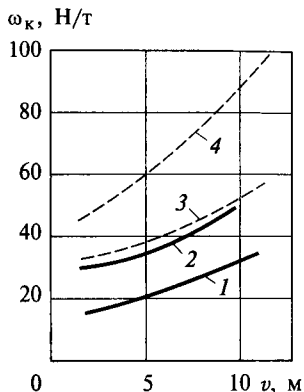
На железных дорогах с шириной колеи 750 мм основное удельное сопротивление качению определено экспериментально и представлено на рис. 4.14.

**Сопротивление воздушной среды** (аэродинамическое сопротивление) вызывается:

- лобовым сопротивлением, которое обусловлено разностью давления воздуха спереди и сзади движущегося транспортного средства;

Рис. 4.14. Зависимость удельного сопротивления движению от скорости движения на УЖД:

1 и 2 — лесовозных вагонов-сцепов соответственно на подшипниках качения и скольжения; 3 и 4 — тепловозов соответственно в режиме тяги (сила тяги  $F > 0$ ) и на холостом ходу ( $F = 0$ )



- трением воздуха о боковые поверхности и выступающие части транспортного средства (зеркала, крылья, стойки и т.п.);
- завихрением воздушных струй за транспортным средством, около колес, под кузовом;
- сопротивлением воздуха, проходящего через радиатор и подкапотное пространство.

Суммарная сила сопротивления воздушной среды  $P_B$  движению транспортного средства выражается формулой аэродинамики

$$P_B = c \rho \omega v^2, \quad (4.21)$$

где  $c$  — коэффициент сопротивления среды (безразмерная величина, зависящая от формы движущегося тела, от гладкости поверхности);  $\rho$  — плотность воздуха,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\omega$  — площадь проекции транспортного средства на плоскость, перпендикулярную направлению движения (лобовая поверхность),  $\text{м}^2$  (для грузовых автомобилей  $\omega = 0,9BH$ , где  $B, H$  — габаритные ширина и высота автомобиля);  $v$  — скорость движения транспортного средства относительно воздушной среды,  $\text{м/с}$ .

При выполнении тяговых расчетов произведение  $c\rho$  заменяют коэффициентом сопротивления воздуха  $k_B$ , определяемым экспериментально (коэффициент обтекаемости), для грузовых автомобилей  $k_B = 0,6 \dots 0,75 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{М}^4$ .

Получаем упрощенную формулу

$$P_B = k\omega v^2. \quad (4.22)$$

Удельное сопротивление воздушной среды определяется делением силы  $P_B$  на массу транспортного средства  $Q$ :

$$\omega_B = \frac{P_B}{Q}. \quad (4.23)$$

Прицепной состав увеличивает сопротивление воздуха, особенно прицепной состав, груженный хлыстами.

Сопротивление качению и сопротивление воздушной среды при движении действуют постоянно и при экспериментальном определении трудноотделимы, поэтому при тяговых расчетах для лесных дорог их объединяют и используют величину *основного удельного сопротивления движению*

$$\omega_0 = \omega_k + \omega_b. \quad (4.24)$$

Экспериментальными исследованиями установлен вид зависимости основного удельного сопротивления движению от скорости движения

$$\omega_0 = c + dv + ev^2, \quad (4.25)$$

где  $c, d, e$  — коэффициенты, определенные экспериментальным путем.

При скоростях движения до 40 км/ч для лесовозных поездов, движущихся по дорогам с покрытиями переходного типа, для определения  $\omega_0$ , Н/т, может быть использована следующая экспериментальная зависимость:

$$\omega_0 = 170 + 12,5v. \quad (4.26)$$

**Сила сопротивления движению от уклона пути  $P_y$**  создается в результате необходимости дополнительных затрат энергии на подъем транспортного средства по наклонной поверхности дороги на некоторую высоту (или снижения затрат энергии при спуске) и определяется из соотношения сил (рис. 4.15):

$$P_y = \pm G \sin \alpha. \quad (4.27)$$

Принимая для малых углов  $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha$ , подставляя  $gQ$  вместо  $G$  ( $G = gQ$ ) и введя переводной коэффициент для перевода массы из килограммов в тонны, получим величину *удельного сопротивления от уклона*

$$\omega_y = \pm 1\,000 Q \operatorname{tg} \alpha / Q, \text{ или } \omega_y = \pm gi, \quad (4.28)$$

где  $i$  — уклон дороги, ‰.

**Сопротивление инерционных сил** транспортного средства  $P_j$  возникает при изменении его скорости и складывается из сил инерции поступательного движения  $P_{jn}$  и сил, вызванных действием инерционных моментов вращающихся частей  $P_{jв}$ .

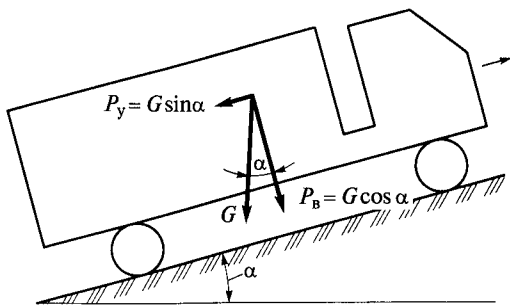


Рис. 4.15. Схема для расчета сопротивления движению в зависимости от уклона пути

Сила инерции поступательного движения определяется по формуле

$$P_{jп} = Qa = G \frac{a}{g} = Gj, \quad (4.29)$$

где  $a$  — ускорение транспортного средства,  $\text{м/с}^2$ ;  $j$  — относитель-

ное ускорение транспортного средства в долях  $g$ ,  $j = \frac{a}{g}$ .

Сопротивления движению инерционных сил вращающихся масс устанавливают при конструировании расчетом по известным размерам и массе вращающихся частей.

Для учета влияния вращающихся частей к сопротивлению инерционных сил поступательного движения вводят *поправочный коэффициент учета вращающихся масс*  $\gamma_B$ :

$$P_j = P_{jп} + P_{jв} = (1 + \gamma_B)P_{jп}. \quad (4.30)$$

Чем больше передаточное число коробки передач, тем выше значение коэффициента  $\gamma_B$ . При движении автомобиля на прямой передаче  $\gamma_B = 0,03...0,04$ . Для движения на других передачах коэффициент рассчитывают по формуле

$$\gamma_B = 0,04 + ni_k^2, \quad (4.31)$$

где  $n$  — коэффициент,  $n = 0,03...0,05$  для легковых автомобилей, для грузовых автомобилей  $n = 0,05...0,07$ ;  $i_k$  — передаточное число коробки передач.

Удельное сопротивление инерционных сил

$$\omega_j = \frac{P_j}{Q} = \frac{Gj}{Q} = 1000 \frac{Qag}{Qg} = 1000a = 1000jg. \quad (4.32)$$

**Дополнительное сопротивление движению на кривых участках дорог** возникает в связи с появлением на кривых поперечных сил, вызывающих дополнительное трение от поперечного проскальзывания колес автомобиля и трением реборд колес железнодорожного подвижного состава о боковые поверхности головок рельсов. Значение дополнительного сопротивления движению по кривым вычисляют по эмпирическим формулам:

для автомобильных дорог

$$P_{кр} = \frac{820G}{R}; \quad (4.33)$$

для узкоколейных железных дорог

$$P_{кр} = \frac{425G}{R}, \quad (4.34)$$

где  $R$  — радиус кривой.

Сопротивление движению на кривых приравнивают к фиктивному подъему, называемому *эквивалентным уклоном*  $i_{экр}$ , сопротивление движению которого равно сопротивлению движению по кривой:

для автомобильных дорог

$$i_{экр} = \frac{820}{R};$$

для узкоколейных железных дорог

$$i_{экр} = \frac{425}{R}.$$

Удельное сопротивление движению  $\omega_{кр}$ , Н/т, кривых участков дороги определяют по аналогии с удельным сопротивлением движению от уклона по формуле

$$\omega_0 = i_{экр}g. \quad (4.35)$$

Сумма геометрического (действительного) и эквивалентного уклонов называется *приведенным уклоном*:  $i_{пр} = i + i_{экр}$ .

**Дополнительное сопротивление троганию с места** транспортных средств возникает в начальный момент движения в связи с тем, что сила трения покоя больше сил трения движения. Кроме того, во время стоянки транспортных средств колеса прилипают (а зимой примерзают) к дороге, а тормозные колодки — к тормозным барабанам и дискам; возникают дополнительные остаточные деформации дороги под колесами. Для автомобильных дорог дополнительная сила сопротивления троганию с места  $P_{тр} = (0,01...0,015)G$ , для УЖД  $P_{тр} = (0,004...0,006)G$ . Соответственно

удельное сопротивление троганию с места равно 100...150 Н/т и 40...60 Н/т.

**Сила тяги на крюке.** Тяговая единица (локомотив или автомобиль-тягач) буксирует на крюке прицепные транспортные единицы (вагоны, прицепы) с силой, называемой силой тяги на крюке и равной разности между силой тяги и суммой всех сил сопротивления движению тяговой единицы:

$$F_{кр} = F_k - (P_k + P_v \pm P_y \pm P_j + P_{кр} + P_{тр}). \quad (4.36)$$

Максимальная сила тяги на крюке ограничивается или мощностью тягача, или условием сцепления колес тягача с дорогой.

Так как при движении на различных участках дороги сопротивление движению тягача различно, то и сила тяги на крюке меняется.

**Тормозная сила.** Для экстренной остановки или снижения скорости движения (служебное торможение) транспортного средства применяется торможение. Тормозная сила вызывается созданием на тормозящем колесе тормозного момента.

Тормозной момент создается прижатием тормозных колодок к тормозным дискам или барабанам у автотранспортных средств или к бандажам колес на железных дорогах (рис. 4.16). Между колодками и барабанами (колесами) возникает реактивная сила трения  $T = P_{кол} \mu_T$  ( $P_{кол}$  — сила нажатия колодок, Н;  $\mu_T$  — коэффициент трения колодок по барабану), которая и создает тормозной момент

$$M_T = Tr_T, \quad (4.37)$$

где  $r_T$  — радиус тормозного барабана (колеса на железной дороге).

Тормозной момент вызывает появление тормозной силы

$$B = \frac{M_T}{r_k}, \quad (4.38)$$

где  $r_k$  — радиус колеса.

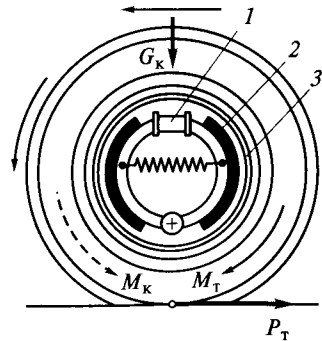


Рис. 4.16. Схема устройства барабанных тормозов автомобиля:

1 — тормозной цилиндр, прижимающий колодки к барабану; 2 — тормозная колодка; 3 — тормозной барабан;  $P_T$  — тормозная сила;  $M_k$  — крутящий момент;  $M_T$  — тормозной момент;  $G_k$  — сила тяжести автомобиля, приходящаяся на колесо

Тормозную силу можно рассматривать как дополнительное искусственно созданное сопротивление движению. Тормозная сила, как и сила тяги, ограничивается сцеплением тормозных колес с поверхностью дороги:

$$B = 1\,000\varphi_T g P_T, \quad (4.39)$$

где  $\varphi_T$  — коэффициент сцепления колеса с поверхностью дороги, для самых неблагоприятных условий летом при влажном состоянии  $\varphi_T = 0,27 \dots 0,30$ , зимой при обледенении  $\varphi_T = 0,15 \dots 0,20$ ;  $P_T$  — масса, приходящаяся на тормозные оси, т.

Удельную тормозную силу  $b$ , Н/т, определяют по формуле

$$b = B/Q_{бр} = 1\,000\varphi_T g P_T / Q_{бр}, \quad (4.40)$$

где  $Q_{бр}$  — масса поезда с учетом груза (брутто), т.

На железных дорогах полная тормозная сила поезда ограничивается расчетной силой нажатия тормозных колодок:

$$B = (K_L n_L + K_B n_B) \varphi_K, \quad (4.41)$$

где  $K_L$  и  $K_B$  — расчетные силы нажатия тормозных колодок соответственно для локомотива и вагонов, кН;  $n_L$  и  $n_B$  — число тормозных осей у локомотива и тормозных вагонов;  $\varphi_K$  — коэффициент трения между колодкой и бандажом или тормозным барабаном.

Значения  $\varphi_K$  для железных дорог с шириной колеи 750 мм определяют по формуле

$$\varphi_K = 0,45 \frac{0,1K + 10}{0,8K + 10} \frac{25}{3,6v + 25}, \quad (4.42)$$

где  $K$  — расчетная сила нажатия колодок на одну ось, кН;  $v$  — скорость движения, м/с.

Удельную тормозную силу поезда  $b$ , Н/т, определяют по формуле

$$b = 1\,000B / (Q_L + Q_{пр}) = 1\,000\varphi_K \vartheta, \quad (4.43)$$

где  $Q_L$  — масса локомотива, т;  $Q_{пр}$  — масса прицепного состава, т;  $\vartheta$  — тормозной коэффициент поезда:

$$\vartheta = (K_L n_L + K_B n_B) / (Q_L + Q_{пр}). \quad (4.44)$$

## 4.5. Уравнение движения поезда

Уравнение движения поезда получают из уравнения тягового баланса транспортной машины, определяемого из условия равно-

весия, т. е. равенства нулю алгебраической суммы всех продольных горизонтальных сил, действующих на движущийся поезд. Считая положительным направлением направление движения, можно записать

$$F_k - P_k - P_B + P_y + P_j - P_{кр} - P_T - P_{тр} = 0. \quad (4.45)$$

Для прямолинейного движения в режиме тяги (без торможения) уравнение тягового баланса имеет вид

$$F_k - P_k - P_B + P_y + P_j = 0. \quad (4.46)$$

В этом уравнении все составляющие имеют размерность силы. Исходя из второго закона Ньютона силу инерции можно выразить в виде

$$P_j = (1 + \gamma_B) Q \frac{dv}{dt}.$$

Подставив это значение в уравнение тягового баланса (4.46), получим

$$F_k - P_k - P_B + P_y + (1 + \gamma_B) Q \frac{dv}{dt} = 0, \quad (4.47)$$

откуда

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F_k - P_k - P_B + P_y}{(1 + \gamma_B) Q}. \quad (4.48)$$

Разделив числитель и знаменатель правой части равенства на массу поезда  $Q$ , переведя ее из килограммов в тонны и учтя зависимости (4.15), (4.20), (4.24) и (4.28), получим дифференциальное уравнение движения поезда в тяговом режиме на прямолинейном участке пути:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{f_k - \omega_0 + gi}{1000(1 + \gamma_B)}. \quad (4.49)$$

Аналогично можно получить дифференциальное уравнение движения поезда в тормозном режиме

$$\frac{dv}{dt} = \frac{-b - \omega_0 - gi}{1000(1 + \gamma_B)}. \quad (4.50)$$

Для получения уравнения тягового баланса в безразмерном виде, которое чаще используют при решении тягово-эксплуатационных задач на автотранспорте, запишем сумму сил, действующих на



поезд, и перенесем в правую часть все силы, кроме силы тяги и сопротивления воздушной среды:

$$F_k = P_b = P_k + P_y + P_j = Gf_d + Gtg\alpha + Gj. \quad (4.51)$$

Разделим обе части уравнения на  $G$  и, заменив  $tg\alpha = i_y$ , получим уравнение тягового баланса в безразмерном виде:

$$\frac{F_k - P_b}{G} = f_d + i_y + j. \quad (4.52)$$

Величину  $\frac{F_k - P_b}{G} = D$  академик Е.А. Чудаков назвал *динамическим фактором*, характеризующим динамические качества автомобиля, т.е. запас тягового усилия на единицу силы тяжести автомобиля, движущегося со скоростью  $v$ , который может быть израсходован на преодоление сопротивлений дороги и ускорение автомобиля.

Сила тяги и сопротивление воздуха зависят от скорости движения, поэтому динамический фактор не является постоянной величиной. График, выражающий эту зависимость при полной загрузке автомобиля, называют *динамической характеристикой* автомобиля (рис. 4.17).

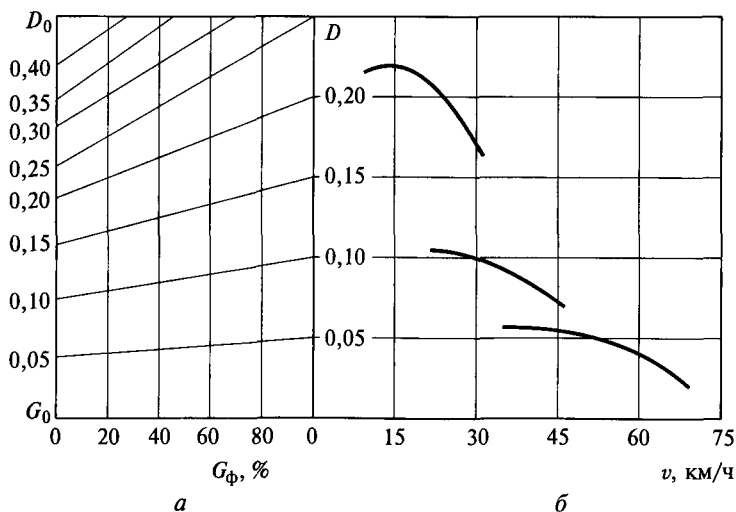


Рис. 4.17. Динамическая характеристика автомобиля:

$a$  — вспомогательная номограмма для расчета при неполной загрузке автомобиля;  $b$  — динамический фактор при полной нагрузке автомобиля;  $G_\phi$  — степень загрузки автомобиля;  $D$  и  $D_0$  — шкала динамического фактора соответственно при полной и неполной загрузке автомобиля;  $v$  — скорость движения автомобиля

Для учета степени загрузки автомобилей при тяговых расчетах по предложению профессора Н. А. Яковлева к графику динамических характеристик строят вспомогательную номограмму нагрузок (рис. 4.17, а). На горизонтальной оси номограммы указывается степень загрузки автомобиля  $G_{\phi}$ ; пересечения наклонных и вертикальных линий определяют соответствующее этой загрузке значение динамического фактора  $D$ ;  $D_0$  — шкала динамического фактора для автомобиля без груза.

Уравнение мощностного баланса транспортного средства можно получить на основе размерного уравнения тягового баланса умножением обеих его частей на скорость движения:

$$N_e \eta_T \gamma_0 \beta_0 - N_k - N_b + N_y + N_j = 0, \quad (4.53)$$

где  $N_e$  — мощность, развиваемая двигателем транспортного средства;  $\eta_T$ ,  $\gamma_0$ ,  $\beta_0$  — коэффициенты полезного действия соответственно трансмиссии, использования и отбора мощности;  $N_k$ ,  $N_b$ ,  $N_y$ ,  $N_j$  — мощность, затрачиваемая соответственно на преодоление сопротивления качению, сопротивления воздуха, уклона пути и инерцию разгона.

## 4.6. Расчет полной массы и полезной нагрузки

Для выполнения эксплуатационных расчетов и организации работы транспортного цеха лесозаготовительного предприятия в первую очередь необходимо установить полезную рейсовую нагрузку транспортного средства. Для этого сначала необходимо установить его полную массу, исходя из реальных дорожных условий и тяговых свойств.

На лесовозном автомобильном транспорте и железных дорогах тягово-эксплуатационные расчеты принято выполнять с использованием удельного сопротивления движению  $\omega_k$  и уклона пути  $i$ . В связи с этим для расчетов используется уравнение тягового баланса в размерном виде.

На лесовозном транспорте принято, что полезную нагрузку на рейс и соответственно полную массу транспортного средства определяют из условия преодоления максимального подъема (руководящего уклона) на прямолинейном участке пути с равномерной скоростью с расчетной силой тяги. На лесовозных автомобильных дорогах расчетную силу тяги принимают на второй передаче коробки передач, на лесовозных железных дорогах — при минимальной (расчетной) скорости движения по руководящему уклону.

Уравнение тягового баланса (4.46) при равномерном установившемся движении ( $P_j = 0$ ) по прямолинейному участку пути

( $P_{кр} = 0$ ) с уклоном, равным руководящему ( $P_y = P_{ip}$ ), при движении с расчетной силой тяги ( $F_k = F_p$ ) примет вид

$$F_p - P_k - P_v - P_{ip} = 0. \quad (4.54)$$

Перенеся все силы сопротивления в правую часть и разделив обе части на полную массу  $Q_{бр}$ , получим

$$\frac{F_p}{Q_{бр}} = \frac{P_k}{Q_{бр}} + \frac{P_v}{Q_{бр}} + \frac{P_{ip}}{Q_{бр}}, \quad (4.55)$$

или

$$\frac{F_p}{Q_{бр}} = \omega_k + \omega_v + gi_p. \quad (4.56)$$

Заменяв  $\omega_k + \omega_v$  на основное удельное сопротивление движению (4.24), получим

$$\frac{F_p}{Q_{бр}} = \omega_0 + gi_p. \quad (4.57)$$

Из этого уравнения находим

$$Q_{бр} = \frac{F_p}{\omega_0 + gi_p}. \quad (4.58)$$

По значению полной массы  $Q_{бр}$  можно вычислить полезную рейсовую нагрузку лесотранспортного средства,  $m^3$ :

$$Q_{п} = \frac{Q_{бр} - (Q_{т} + Q_{пр})}{\gamma_{др}}, \quad (4.59)$$

где  $Q_{т}$  — собственная масса тягача, т;  $Q_{пр}$  — собственная масса прицепного состава, т;  $\gamma_{др}$  — объемная масса перевозимой древесины,  $t/m^3$ .

Необходимо учесть, что полезная нагрузка не должна превышать паспортной (допустимой) грузоподъемности

$$Q_{п} \leq \frac{Q_{т.п} + Q_{пр.п}}{g\gamma_{др}}, \quad (4.60)$$

где  $Q_{т.п}$  — грузоподъемность тягача, кН;  $Q_{пр.п}$  — грузоподъемность прицепного состава, кН.

Значение полной массы транспортного средства необходимо проверить по условиям трогания с места

$$Q_{бр} \leq \frac{F_k}{\omega_0 + \omega_{тр} + gi_0 + \omega_j}, \quad (4.61)$$

где  $F_k$  — касательная сила тяги при трогании с места (для автомобилей на первой передаче), Н;  $i_0$  — уклон пути на остановочном пункте, ‰.

Из уравнения (4.56) можно определить значение руководящего уклона, который может преодолевать тяговая единица с равномерной скоростью с расчетной рейсовой нагрузкой

$$i_p = \frac{1}{g} \left( \frac{F_p}{Q_{бр}} - \omega_0 \right). \quad (4.62)$$

На дорогах общего пользования (автомагистралях) принимают условие преодоления подъемов на прямой передаче. В этом случае значения касательной силы тяги и скорости движения при определении основного удельного сопротивления движению принимают как для условий движения на прямой передаче.

Пониженные передачи используют при трогании с места и при движении в сложных погодных условиях.

При выполнении тягово-эксплуатационных расчетов на автотранспорте принято пользоваться условием тягового баланса в безразмерном виде. В этом случае полная масса поезда при равномерном движении ( $j = 0$ ) определяется из уравнения (4.52) делением обеих частей уравнения на  $g$ :

$$Q_{бр} = \frac{F_k - P_b}{g(f_d + i_{y,p})}, \quad (4.63)$$

где  $f_d$  и  $i_{y,p}$  — безразмерные величины (в долях единицы).

Из уравнения (4.52) также можно определить значение наибольшего продольного уклона  $i_{y,p} = \operatorname{tg} \alpha$ , который может преодолеваться транспортной машиной без ускорения ( $j = 0$ ) со значением величиной динамического фактора  $D$ , соответствующего расчетной скорости  $v_p$ ,

$$\operatorname{tg} \alpha = i_{y,p} = D - f_d,$$

отсюда

$$\alpha = \operatorname{arctg}(D - f_d). \quad (4.64)$$

На железных дорогах сопротивления движению локомотива, груженых и порожних вагонов различны, поэтому при определении массы полезной нагрузки на поезд сначала определяется масса прицепного состава поезда с грузом. Для этого в формуле (4.58) принимают

$$Q_{бр} = P_l + Q_{пр}, \quad (4.65)$$

где  $P_l$  — масса локомотива;  $Q_{пр}$  — масса прицепного состава.

При этом получим

$$Q_{\text{пр}} = \frac{F_p}{\omega + gi_p} - P_{\text{л}}. \quad (4.66)$$

Средневзвешенное значение сопротивления движению поезда  $\omega$  определяется по формуле

$$\omega = \frac{P_{\text{л}}\omega'_0 + Q_{\text{пр}}\omega''_0}{P_{\text{л}} + Q_{\text{пр}}}, \quad (4.67)$$

где  $\omega'_0$  и  $\omega''_0$  — основное удельное сопротивление движению локомотива и прицепного состава соответственно.

Окончательно получим

$$Q_{\text{пр}} = \frac{F_p - P_{\text{л}}(\omega'_0 + gi_p)}{\omega''_0 + gi_p}. \quad (4.68)$$

Для определения массы полезной нагрузки на прицепной состав сначала необходимо определить число сцепов

$$n = \frac{Q_{\text{пр}}}{q_{\text{н}}/g + q_{\text{т}}}, \quad (4.69)$$

где  $q_{\text{н}}$  — грузоподъемность одного сцепа, кН;  $q$  — масса сцепа без груза, т.

Полученное значение округляют до ближайшего целого числа. Полезная нагрузка будет равна

$$Q_{\text{пол}} = \frac{Q_{\text{пр}} - nq_{\text{т}}}{\gamma}, \quad (4.70)$$

где  $\gamma$  — объемная масса древесины.

## 4.7. Расчет скорости и времени движения лесотранспортных средств

Скорость движения транспортных средств зависит от многочисленных дорожно-эксплуатационных факторов, которые можно разделить на четыре группы:

- соотношение сил, действующих на транспортные средства в процессе движения (движущие силы и силы сопротивления движению);

• состояние пути (видимость, ровность, скользкость, извилистость и т. п.);

• взаимодействие транспортных средств между собой (для автомобильных поездов — соблюдение интервалов, обгоны, различие скоростей; для железнодорожных — интервалы движения, сигналы светофоров);

• квалификационные, психофизиологические и эмоциональные особенности водителей и машинистов.

Под действием этих факторов движение транспортных средств по дороге происходит с переменной скоростью. Выразить аналитически и однозначно скорость движения с учетом всех перечисленных факторов, многие из которых носят случайный характер, в настоящее время не представляется возможным.

Существует несколько способов расчета скоростей и времени движения, которые можно разделить на две группы: приближенные и условно точные.

Аналитически рассчитать скорость движения можно, используя уравнение движения поезда.

Для приближенного определения скорости движения лесовозного поезда по дороге с заданным уклоном и сопротивлением качению умножим все члены уравнения тягового баланса (4.46) на скорость прямолинейного равномерного движения поезда без торможения ( $P_j = 0$ ,  $P_{кр} = 0$ ,  $P_{тр} = 0$ ,  $P_T = 0$ ) и, учитывая, что  $F_k v = N_e \eta_T \beta_0 \gamma_0$ , а  $P_b = k_b \omega v^2$ , где  $N_e$  — мощность двигателя;  $\eta_T$  — коэффициент полезного действия трансмиссии от двигателя до ведущих колес;  $\beta_0$ ,  $\gamma_0$  — коэффициенты отбора и использования мощности, получим уравнение

$$k_b \omega v^3 + (P_k + P_y) v - N_e \eta_T \beta_0 \gamma_0 = 0. \quad (4.71)$$

Решение этого уравнения возможно, например, по формуле Кардано на ЭВМ.

Для упрощения расчетов, учитывая, что при скоростях движения до 50 км/ч сопротивление воздуха не оказывает существенного влияния, можно принять  $k_b \omega v^3 = 0$ . Это допущение даст несущественную погрешность (не более 10 %). Учитывая, что даже точные аналитические расчеты не могут дать большой точности, так как не учитывают многих факторов, влияющих на движение автопоезда, такое допущение вполне приемлемо. С учетом этого получим

$$v = \frac{N_e \eta_T \beta_0 \gamma_0}{P_k + P_y} = \frac{N_e \eta_0 \beta_0 \gamma_0}{G(f_d + i_y)}. \quad (4.72)$$

Принимая вместо коэффициента сопротивления качению  $f_d$  основное удельное сопротивление  $\omega_0$  и вместо уклона  $\alpha$  (в градусах) уклон  $i$  (в промилле), получим формулу

$$v = \frac{N_e \eta_0 \beta_0 \gamma_0}{Q_{\text{бр}}(\omega_0 + gi)}. \quad (4.73)$$

Из приближенных методов наиболее широкое распространение получил графоаналитический метод — метод равновесных скоростей.

*Метод равновесных скоростей* основан на двух допущениях:

- принимается, что на каждом элементе продольного профиля при движении поезда соблюдается равенство сил тяги и сил сопротивления движению и поезд движется с равномерной скоростью, соответствующей этим силам:

$$F_k = P_i; \quad (4.74)$$

- скорость движения поезда при переходе с одного элемента на другой изменяется мгновенно.

Фактически при переходе поезда с одного элемента на другой изменение скорости происходит постепенно. Предполагается, что при чередовании переходов с трудных участков на легкие и наоборот отклонения будут друг друга компенсировать. Исключение составляют только затраты времени на разгон при трогании с места и на замедление при остановке поезда.

Для определения равновесных скоростей на график тяговой характеристики тягача наносят кривые полного сопротивления движению поезда на различных уклонах пути, вычисляемые по формулам:

для автомобильных дорог

$$P = Q_{\text{бр}}(\omega_0 + gi); \quad (4.75)$$

для железных дорог

$$P = Q_{\text{л}}(\omega'_0 + gi) + Q_{\text{пр}}(\omega''_0 + gi), \quad (4.76)$$

где  $Q_{\text{л}}$  — масса локомотива, т;  $Q_{\text{пр}}$  — масса поезда, т.

Величину  $\omega_0$  принимают по формулам, приведенным в гл. 4; величины  $\omega'_0$  и  $\omega''_0$  для железных дорог определяют по графикам (см. рис. 4.14).

Кривые полного сопротивления вычисляют по формулам (4.75) и (4.76) для нескольких значений скоростей движения на каждом элементе, точка пересечения построенной кривой с кривой силы тяги определяет искомую равновесную скорость движения (рис. 4.18).

Аналогично определяют скорость движения в негрузовом направлении. Скорость движения не должна превышать допустимую по условиям торможения.

Для графического определения времени хода ниже графика равновесных скоростей строят вспомогательную функцию удельного времени хода  $\theta$  от уклона  $1/v$  (время хода 1 м пути), пользу-

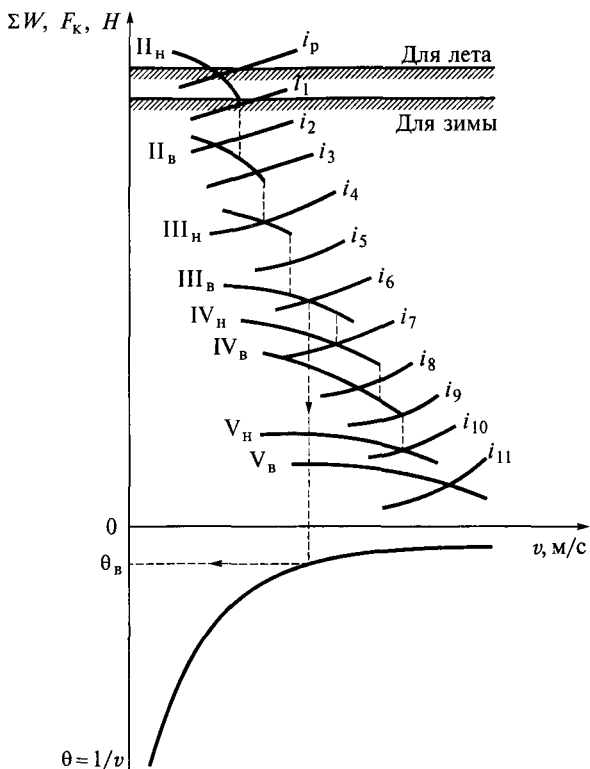


Рис. 4.18. График для определения скорости движения  $v$  и времени  $\theta$  хода по тяговой характеристике:

$i_1, \dots, i_{11}$  — уклоны дороги; римскими цифрами обозначены номера передачи коробки скоростей, индексы «В» и «Н» — соответственно повышенная и пониженная передачи демультипликатора; линии «Для лета» и «Для зимы» означают ограничения сил тяги  $F_k$  по снежным свойствам

ясь которой удобно определять время хода по каждому элементу продольного профиля.

При выполнении расчетов по динамической характеристике требуемые для равномерного движения значения динамического фактора определяют при нескольких скоростях по формуле

$$D = \frac{F_k - \sum P}{G} = \frac{gQ_{6p}(f + i) - k_B \omega v^2}{G}, \quad (4.77)$$

где  $\sum P$  — сумма всех продольных сил, действующих на поезд.

Значение динамического фактора для данного автопоезда откладывают на оси ординат (рис. 4.19). Для каждого участка дороги



определяют значение суммарного коэффициента дорожного сопротивления  $\psi = f \pm i$ . На динамической характеристике проводят горизонтальную линию, соответствующую установленному значению дорожного сопротивления, до пересечения с кривой динамического фактора. Абсцисса точки пересечения определяет значение скорости движения на данном участке. По полученным на динамической характеристике значениям скоростей движения

рассчитывают удельное время хода  $\theta = \frac{1}{v}$ . Время хода по участку

определяют умножением удельного времени хода на длину участка —  $t = \theta l$ .

На рис. 4.19 в нижней части показано определение расхода топлива по топливной характеристике двигателя (см. рис. 4.10). Точка пересечения линии скорости движения с кривой топливной характеристики определяет удельный расход топлива  $q$ , л/100 км. Расход топлива на участок определяем умножением удельного расхода топлива  $q$  на протяжение участка  $l$ :

$$Q_T = ql.$$

В левой части рис. 4.19 показано графическое изображение в определенном масштабе времени хода и расхода топлива.

Расчеты по графикам можно выполнять не для всех уклонов. Выполнив расчеты, например, по участкам с уклонами, кратны-

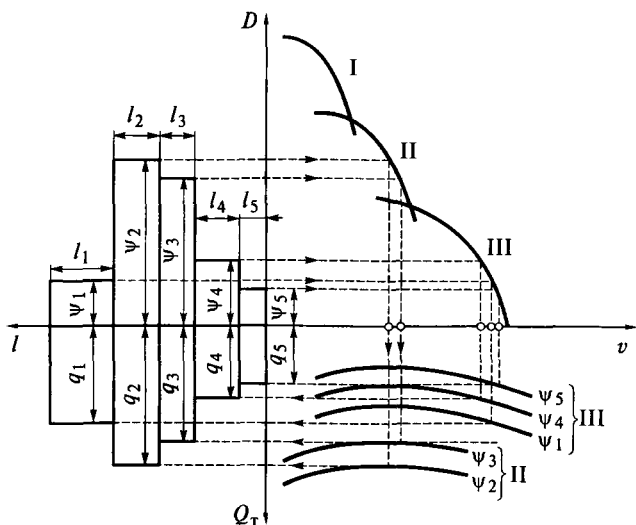


Рис. 4.19. Расчет скоростей движения  $v$  и расхода топлива  $Q_T$  по динамической характеристике автомобиля (римскими цифрами указаны номера передач)

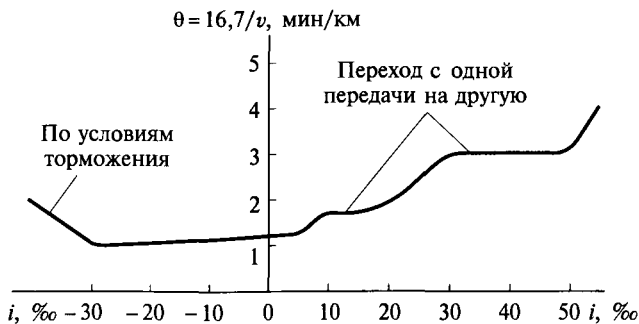


Рис. 4.20. График удельного времени хода

ми 10, можно построить вспомогательный график удельного времени хода (рис. 4.20), а по нему определить удельное время хода для любого уклона данной дороги с аналогичным типом покрытия. Такую же кривую строят для негрузового направления.

Аналогично, пользуясь графиками топливной характеристики двигателя, можно построить графики удельного расхода топлива.

Метод равновесных скоростей применим только для расчета на подъемах, площадках и спусках величиной не более безвредного. Значение безвредного уклона определяется по формуле

$$i_{\text{без}} = \frac{\omega_{\text{ср}}}{g}, \quad (4.78)$$

где  $\omega_{\text{ср}}$  — средневзвешенное основное удельное сопротивление движению (на железных дорогах при выключенном двигателе локомотива), Н/т.

Расчет скорости движения на вредных спусках, требующих служебного торможения, выполняется методами, изложенными в подразд. 4.8.

На участках вертикальных кривых значение преодолеваемого поездом уклона изменяется постепенно от уклона  $i_1$  предыдущего участка до  $i_2$  — уклона последующего участка. При радиусах вертикальных кривых  $R = 5\,000$  м влияние их на скорость движения можно не учитывать. При радиусах  $R > 5\,000$  м, когда длина кривой становится значительной, вертикальную кривую разбивают на несколько участков длиной  $l_0$  (рис. 4.21) и для каждого участка определяют средний уклон по зависимости

$$i_A = i_1 - \frac{x}{R} 1\,000, \quad (4.79)$$

где  $i_A$  — величина уклона в точке  $A$ , ‰;  $i_1$  — уклон элемента профиля, примыкающего к вертикальной кривой в ее начале (НВК —

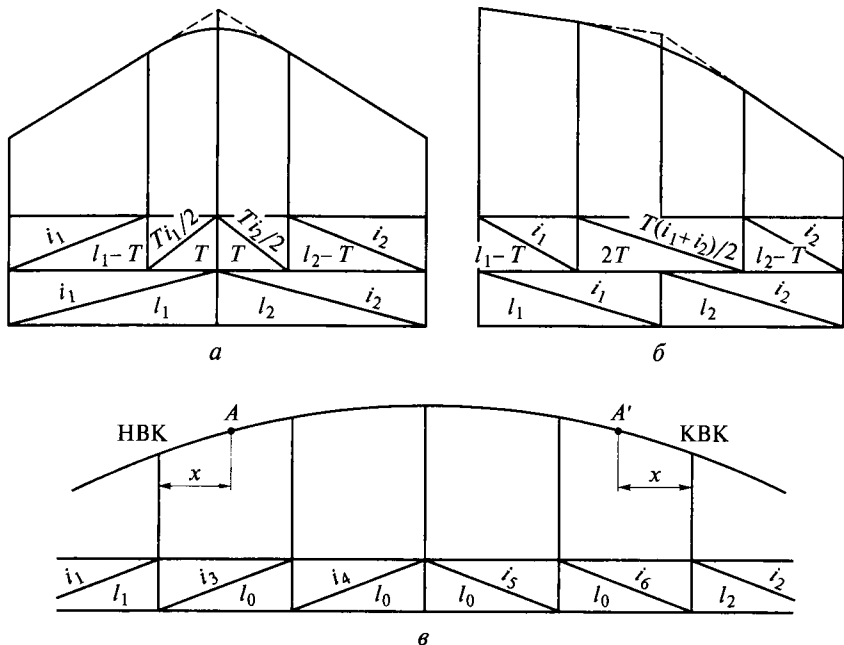


Рис. 4.21. Учет наличия вертикальных кривых при определении скоростей движения поезда:

*a* — при наличии обратных уклонов; *b* — при уклонах одного знака; *c* — при значительной длине вертикальной кривой;  $T$  — тангенс вертикальной кривой;  $i_1, \dots, i_6$  — уклоны прямых участков, примыкающих к вертикальной кривой; точки  $A$  и  $A'$  — середины участков, для которых определяется средний уклон ( $x = l_0/2$ )

начало вертикальной кривой), ‰;  $x$  — расстояние от НВК до точки  $A$ , м;  $R$  — радиус вертикальной кривой, м.

Для кривых, размещенных между элементами с уклонами разных знаков, значение среднего уклона каждого участка следует определять для первой половины, измеряя  $x$  от НВК, для второй половины — от КВК (конца вертикальной кривой).

Зная длины участков  $L_j$  и равновесные скорости, время движения определяют суммированием времени хода по каждому элементу

$$T = \sum_{i=1}^n L_i v_i + \tau_{\text{раз}}, \quad (4.80)$$

где  $v_i$  — равновесная скорость на  $i$ -м элементе;  $n$  — число элементов продольного профиля;  $\tau_{\text{раз}}$  — время, затрачиваемое на разгон при трогании с места и торможение при остановке.

Среднюю скорость движения определяют отдельно для грузового и негрузового направлений:

$$v_{\text{ср.гр}} = L/T_{\text{гр}}; v_{\text{ср.негр}} = L/T_{\text{негр}}. \quad (4.81)$$

Среднюю скорость движения в обоих направлениях определяют по формуле

$$v_{\text{ср}} = \frac{2v_{\text{гр}}v_{\text{негр}}}{v_{\text{ср.гр}} + v_{\text{негр}}}. \quad (4.82)$$

## 4.8. Расчет допустимой скорости движения поездов на спусках

Безопасность движения лесовозных поездов зависит от наличия надежных тормозных средств и от того, насколько правильно запроектирован путь лесовозной дороги.

При проектировании лесовозной дороги необходимо:

- не допускать спусков, на которых невозможно затормозить поезд в пределах установленного расстояния видимости дороги, сигналов или препятствий;
- уменьшить по возможности число и протяжение спусков, требующих торможения (вредных спусков);
- подбирать прицепной состав, снабженный тормозами, достаточными для безопасного движения на спусках с установленными скоростями;
- предусматривать мероприятия по увеличению сцепления тормозных колес с поверхностью дороги и повышению сопротивления движению (на зимних дорогах).

Торможение транспортных машин осуществляется как в результате действия их тормозных систем, так и прекращением подачи топлива в двигатель машины без выключения сцепления.

При выполнении тормозных расчетов учитывают только действие тормозных систем.

При воздействии тормозных сил поезд останавливается не мгновенно, а через какое-то время, в течение которого поезд пройдет некоторый путь  $S_{\text{т}}$ , называемый тормозным. Чем больше скорость движения до начала торможения, тем больше будет тормозной путь.

При выполнении тормозных расчетов *аналитическим методом* за основу принимается уравнение движения поезда в тормозном режиме на прямолинейном пути. При движении поезда в тормозном режиме величина ускорения будет отрицательной, сила тяги равна нулю, а вместо силы тяги будет действовать тормозная сила. Уравнение тягового баланса будет иметь вид

$$-B - P_{\text{к}} - P_{\text{в}} - P_{\text{у}} - P_{\text{ж}} = 0. \quad (4.83)$$

Откуда по аналогии с формулой (4.50) получим

$$\frac{dv}{dt} = \frac{-b - \omega_0 + gi}{1\,000(1 + \gamma)}. \quad (4.84)$$

Из известного равенства  $v = \frac{ds}{dt}$  имеем  $dt = \frac{ds}{v}$ , подставляя это выражение в формулу (4.84), получим

$$\frac{v dv}{dS} = \frac{-b - \omega_0 + ig}{1\,000(1 + \gamma)}, \quad (4.85)$$

откуда

$$dS = \frac{1\,000(1 + \gamma)v dv}{-b - \omega_0 + ig}. \quad (4.86)$$

Интегрируя выражение (4.86) в некотором интервале скоростей (1,5...3 м/с), при котором среднее значение удельной равнодействующей силы можно считать постоянной величиной, получим

$$\int_{s_1}^{s_2} dS = \frac{1\,000(1 + \gamma)}{b + \omega + ig} \int_{v_1}^{v_2} v dv, \quad (4.87)$$

или

$$\Delta S = 1\,000(1 + \gamma) \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(b + \omega_0 + ig)}. \quad (4.88)$$

Определив значения  $\Delta S$  для каждого интервала скоростей в пределах всего диапазона их изменений и просуммировав результаты расчета, получим протяжение пути, пройденного поездом за время торможения.

На практике для упрощения расчетов принимают допущение, что удельное сопротивление движению и удельная тормозная сила не зависят от скорости движения, а величину  $\gamma$  принимают равной нулю. С учетом этого получим

$$S = \frac{10^3 (v_n^2 - v_k^2) k}{2(b + \omega + ig)}, \quad (4.89)$$

где  $S$  — тормозной путь, пройденный за интервал скоростей, м;  $k$  — коэффициент, учитывающий эксплуатационное состояние тормозов (для автомобильных дорог  $k = 1,4$ ; для железных дорог  $k = 1$ );  $v_n$  и  $v_k$  — скорости движения в начале и в конце торможения, м/с.

Для определения длины полного тормозного пути  $S_T$  в формуле (4.89) следует принять  $v_k = 0$ , при этом получим

$$S_T = \frac{1\,000v_H^2k}{2(b + \omega_0 + ig)}. \quad (4.90)$$

Для безопасного движения транспортных средств значение тормозного пути должно удовлетворять условию

$$S_T = S_B - S_p - S_n = S_B - S_p - t_n v_H, \quad (4.91)$$

где  $S_B$  — расчетное расстояние видимости препятствий или сигналов, м;  $S_p$  — резервное расстояние, на котором поезд должен остановиться, не доезжая до препятствия ( $S_p = 5 \dots 10$  м для автомобильных дорог,  $S_p = 50 \dots 100$  м для УЖД);  $S_n$  — путь, проходимый за время подготовки тормозов к действию, м;  $t_n$  — время подготовки к торможению, для автомобильных дорог  $t_n = 2$  с, для УЖД —  $6 \dots 7$  с.

Приравняв правые части равенств (4.90) и (4.91) и обозначив  $S'_1 = S_B - S_p$ , получим уравнение

$$\frac{1\,000v_H^2k}{2(b + \omega_0 + ig)} = S'_1 - t_n v_H. \quad (4.92)$$

Решая это уравнение, найдем допускаемую скорость движения  $v_H$ , м/с, в начале торможения на уклоне  $i$ :

$$v_H = \frac{b + \omega_0 + ig}{1\,000k} \left( \sqrt{t_n^2 + \frac{2kS'_1 \cdot 1\,000}{b + \omega_0 + ig}} - t_n \right). \quad (4.93)$$

Из уравнения (4.93) можно найти значения удельной тормозной силы  $b$  при заданных значениях скорости движения  $v_H$ , уклоне  $i$  и расстояния видимости  $S'_1$  или допускаемое предельное значение спуска  $i$  при заданных значениях расчетной скорости движения, расстояния видимости и удельной тормозной силы.

Предельное значение спуска

$$i_{\max} = \frac{1}{g} \left( \omega_0 + b - \frac{1\,000v_H k}{2S'_1} \right). \quad (4.94)$$

При расчете по этой формуле скорость движения следует принимать по нормативам для заданной категории дороги.

*Графический метод* определения допускаемой скорости движения на спусках основан на графическом решении системы уравнений (4.90) и (4.92). Для этого в левой части графика (рис. 4.22)

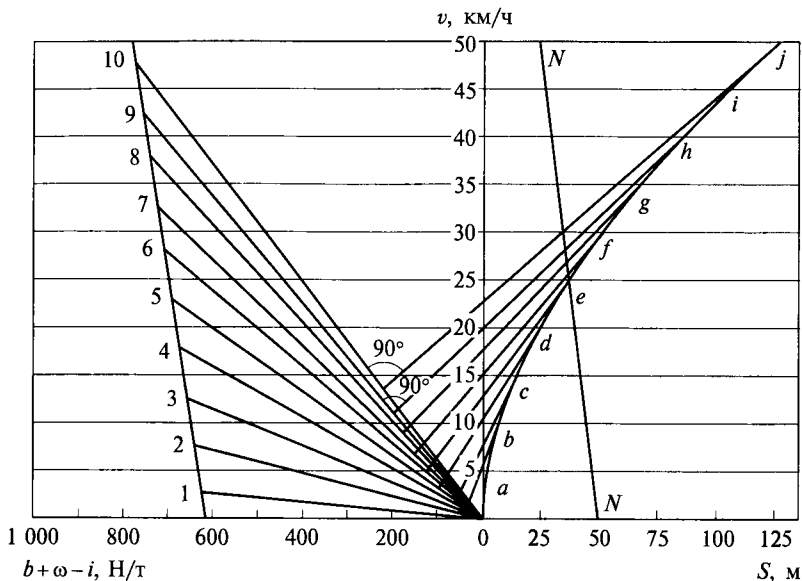


Рис. 4.22. Графическое определение допустимой скорости движения на спуске

строят линии 1, 2, 3 и т.д. (на рис. 4.22 — 10), представляющие собой зависимость

$$f(v) = b + \omega + i. \quad (4.95)$$

Затем горизонтальными линиями делят эту зависимость на ряд равных интервалов (через 5...10 км/ч). В пределах каждого интервала находят точки 1, 2, 3, ..., определяющие среднее значение тормозной силы ( $b + \omega - i$ ) на каждом интервале скоростей. К каждой из этих точек проводят лучи 01, 02, 03, ..., 010, пользуясь которыми в правой части графика строят кривую функции  $v = f(S)$ . Для этого в первом интервале скоростей (0...5 км/ч) проводят линию 0a, перпендикулярную лучу 01. Эта линия и является участком кривой  $v = f(S)$  на первом интервале скоростей. Затем проводят линию ab, перпендикулярную лучу 02, как продолжение линии 0a, затем bc, перпендикулярную лучу 03, как продолжение линии ab и т.д.

Полученная ломаная линия 0abcdefgh является в пределе искомой функцией  $v = f(S)$ . Затем в правой части графика проводят линию MN, соответствующую формуле

$$S_n = t_n v, \quad (4.96)$$

где  $S_n$  — путь, проходимый поездом до начала торможения;  $t_n$  — время реакции водителя до начала приведения в действие тормозов;  $v$  — скорость поезда в начале торможения.

Точка пересечения этой линии и кривой  $v = f(S)$  определяет значение допускаемой скорости движения на данном спуске. Аналогичные графики строят для каждого спуска круче безвредного.

График должен быть построен во взаимоувязанных масштабах. Два масштаба выбираются произвольно, а третий вычисляют по формуле

$$y = \frac{m^2}{(1 + \gamma)k},$$

где  $y$  — масштаб пути;  $m$  — масштаб скоростей;  $k$  — масштаб тормозящих сил.

### Контрольные вопросы

1. Какие виды подвижного состава применяют при вывозке древесины? Каковы их основные параметры?
2. Как определить расстояние между кониками автопоезда?
3. Какими техническими параметрами оценивают эксплуатационные качества автопоезда?
4. Какие виды прицепного состава используют для перевозки древесины на железных дорогах?
5. Какие технические средства используют для выполнения погрузочно-разгрузочных работ в лесной отрасли?
6. Какие силы действуют на движущийся поезд и как их определяют?
7. Как характеризуют сцепные свойства автопоездов?
8. Как определяют сопротивление движению поездов?
9. Какие тормозные силы действуют на поезд, как их определяют?
10. Выведите уравнение движения поезда в тяговом режиме и в режиме торможения.
11. Как рассчитать полную массу поезда и полезную нагрузку?
12. Как рассчитать скорость и время движения лесовозного поезда?
13. Какие допущения приняты в методе равновесных скоростей?
14. Как определить допустимую скорость движения на спуске?



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

### 5.1. Организация проектирования в лесной отрасли

**Общие сведения.** Возведение любого объекта осуществляют на основе предварительно разработанного и утвержденного проекта, который включает всю необходимую для строительства графическую, техническую, экономическую и другую документацию.

В лесозаготовительной промышленности весь комплекс проектирования предприятий (включая строительную, энергетическую и другие части проекта) выполняет отраслевой проектный институт Лесинвест (бывший Гипролестранс) и ряд региональных проектных организаций, имеющих лицензии на проектирование.

Объектами проектирования в лесной промышленности являются:

- новые лесозаготовительные, лесосплавные предприятия и лесные терминалы, а также сплавные рейды, лесопромышленные комплексы и отдельные сооружения (мосты, дамбы, плотины, дороги и т.д.);
- реконструируемые и расширяемые действующие предприятия;
- генеральные схемы освоения лесов и размещения лесной промышленности;
- технико-экономические обоснования целесообразности строительства отдельных предприятий, лесовозных дорог и др.

При проектировании предприятий лесной промышленности особое внимание должно уделяться вопросам рационального использования лесосырьевых ресурсов, охране окружающей среды и сохранению всех охранных, регулирующих и эстетических функций леса.

Все выполняемые по проектированию предприятия работы выполняют в два этапа: **предпроектный** и **проектный**.

При выполнении *предпроектных работ* предприятие-заказчик с участием проектной организации составляет декларацию о намерениях, документ по обоснованию инвестиции — бизнес-план и разрабатывает техническое задание на проектирование.

На основе выполнения предпроектных работ выбирают район и место строительства промышленного предприятия, определяют

его размер и профиль, производственные и хозяйственные связи с другими предприятиями, очередность строительства новых объектов или реконструкции действующих. На этом этапе решают вопросы обеспечения будущего предприятия сырьем, энергией, топливом, водой и другими материалами.

Важнейшими вопросами при обосновании инноваций в лесную отрасль являются составление и обоснование схем транспортного освоения лесов для расчета и установления технико-экономических параметров лесозаготовительных предприятий и лесовозных дорог, очередности их строительства, реконструкции и модернизации.

На основании утвержденного задания на проектирование проектная организация приступает к изысканиям и разработке проекта.

Спецификой проектирования лесозаготовительных предприятий является необходимость сбора различного рода материалов и разработки ряда мероприятий, существенно усложняющих процесс проектирования. Лесозаготовительные предприятия относятся к предприятиям добывающей промышленности, поэтому требуется достаточно точное изучение сырьевой базы и условий ее эксплуатации. Лесозаготовительные предприятия являются комплексными предприятиями, т. е. они должны выполнять не только лесозаготовительные работы, но лесохозяйственные мероприятия, связанные с охраной, восстановлением и выращиванием леса, мероприятия по максимальному использованию низкосортной древесины и отходов производства, первичную, а в ряде случаев и глубокую переработку древесины. Для осуществления производственной деятельности в состав предприятий, кроме лесозаготовительной техники и лесовозных дорог, входят ремонтно-механические мастерские, гаражное хозяйство, сооружения водопровода, канализации, теплофикации, энергоснабжения. В процессе производственной деятельности предприятие своими силами и средствами осуществляет наращивание лесовозных дорог для поддержания производственной мощности. Эти особенности определяют состав и степень детализации проработки проектно-изыскательских материалов.

Изыскания и проектирование предприятия являются единым взаимоувязанным процессом. От качества изысканий во многом зависит качество технического проекта, а следовательно, и уровень его экономических показателей в процессе эксплуатации.

**Стадии проектирования.** Проектирование предприятий, зданий, сооружений может осуществляться в одну (технорабочий проект) или две (технический проект и рабочие чертежи) стадии. Стадийность проектирования определяется сложностью объекта. По объектам, строительство которых будет осуществляться по типовым и повторно применяемым индивидуальным проектам, или по объек-

там, не отличающимся сложностью, проектирование осуществляют в одну стадию.

Проектирование крупных многоочередных и сложных предприятий осуществляется в две стадии. Первая стадия заключается в разработке технического проекта со сводным сметно-финансовым расчетом, вторая — в составлении рабочих чертежей.

Для нормального выполнения своих функций каждое новое лесозаготовительное предприятие к моменту ввода его в эксплуатацию должно иметь большой комплекс сооружений и устройств, а именно устроенную лесосырьевую базу; объекты основного производства, созданные для заготовки, транспортировки, обработки, частичной переработки и отгрузки леса потребителю, а также для восстановления и охраны лесов; объекты вспомогательного и обслуживающего назначения.

В техническом проекте на строительство нового или реконструкцию действующего предприятия должны быть уточнены и окончательно решены вопросы, обеспечивающие эффективную работу предприятия.

**Технический проект** предприятия состоит, как правило, из следующих разделов: общей пояснительной записки, технико-экономической части, генерального плана, технологической части с разделом автоматизации технологических процессов, организации труда и системы управления производством, строительной части, организации строительства, сметной документации, жилищно-гражданского строительства, паспорта технического проекта.

В техническом проекте приводят подробные расчеты и графические материалы по принятым решениям.

В *пояснительной записке* дают описание условий строительства, обосновывают технические нормы проектирования дороги, приводят расчеты для обоснования проектных решений. Отдельным разделом пояснительной записки является проект организации строительства дороги. Разработка этого раздела необходима для составления смет, определения потребного объема дорожно-строительных материалов и числа дорожно-строительных машин.

**Чертежи проекта** состоят из картограммы лесосырьевой базы с нанесенными на ней транспортными путями, продольного профиля, развернутого плана дороги, поперечных профилей земляного полотна и дорожной одежды, чертежей мостов, водопропускных труб, а также чертежей зданий и сооружений, необходимых для нормальной эксплуатации дороги.

**Сметы** составляют в целях определения стоимости строительства лесной дороги. Сметная стоимость является одним из важнейших технико-экономических показателей проекта дороги. Они позволяют оценить экономичность принятых в проекте технических решений.

**Раздел сметной документации** содержит пояснительную записку, общую, сводную смету затрат на строительство предприятия и сметы по определению стоимости возведения отдельных объектов и сооружений с подразделением расходов на строительномонтажные работы, на оборудование и прочие затраты. Сметы бывают локальные, которые составляют для определения сметной стоимости отдельных видов работ, объектные — на отдельные объекты и сводные, которые составляют для определения сметной стоимости строительства всей дороги.

## 5.2. Выбор вида сухопутного транспорта леса и условия примыкания лесовозных дорог к транспортным магистралям

Предварительный выбор вида транспорта может быть проведен с использованием данных табл. 5.1, которая составлена на основании расчетов, выполненных Гипролестрансом и другими исследователями.

При малых грузооборотах и расстояниях вывозки менее 60 км наиболее экономичным является автомобильный транспорт, а при расстоянии до 5 км самым экономичным видом транспорта будет прямая вывозка тракторами.

Для окончательного выбора необходимо произвести экономические расчеты и установить наиболее выгодный вид транспорта на основании сравнения ряда технико-экономических показателей.

Сравнение проводят по целому ряду показателей: чистому дисконтированному доходу, приведенным затратам, себестоимости

Таблица 5.1

**Технико-экономические показатели по видам транспорта**

Показатель	Вид транспорта		Прямая вывозка
	Автомобильный	Железнодорожный	
Доля вывозки древесины, %	87	10	3
Экономическая целесообразность применения: при расстояниях вывозки древесины, км	0... 100	Более 60	Менее 5
при годовом грузообороте дороги, тыс. м <sup>3</sup>	0... 1 500	Более 300	0... 100

вывозки, энергоемкости, металлоемкости, трудозатратам и другим показателям, которые важны именно для этого проекта. Наиболее универсальными и интегрированными показателями являются чистый дисконтированный доход и приведенные затраты.

Чистый дисконтированный доход определяют по формуле

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (5.1)$$

где  $R_t$  — преёскурантная стоимость продукции, реализуемой в течение года, тыс. руб.;  $Z_t$  — затраты на производство этой продукции, тыс. руб.;  $E$  — норма дисконта,  $E = 0,08 \dots 0,1$ ;  $t$  — номер шага расчета,  $t = 0; 1; 2; 3, \dots, T$ ;  $T$  — горизонт расчета, равный номеру шага расчета, на котором производится ликвидация объекта или заканчивается вырубка спелого леса.

При сравнении нескольких вариантов лучшим считается тот, который имеет больший чистый дисконтированный доход.

Сравнение может быть сделано и по приведенным затратам, которые определяют по формуле

$$p = c + kE_n, \quad (5.2)$$

где  $c$  — себестоимость единицы продукции, руб.;  $k$  — удельные капиталовложения;  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности,  $E_n = 0,15$ .

По приведенным затратам наилучший вариант тот, у которого приведенные затраты минимальные.

Лесовозная дорога может примыкать:

- непосредственно к площадке расположения потребителя лесного сырья;
- к магистральной автомобильной дороге общего пользования;
- к железной дороге ОАО «Российские железные дороги»;
- к судоходным и сплавным водным путям (реки, озера, моря, океаны);
- к грузосборочным лесовозным магистралям.

Варианты примыкания лесовозной дороги к площадке потребителя свойственны целлюлозно-бумажным комбинатам (ЦБК), особенно в их начальный период работы, когда сырьевая база только начинает разрабатываться.

При наличии двух вариантов примыкания к реке решающим фактором является наличие на берегу реки участков, которые можно использовать для размещения нижнего склада, промышленной площадки, зимних плотбищ и поселка.

Когда сырьевая база может осваиваться как с выходом на сплавную реку, так и на железную дорогу, то главным при выборе является расположение потребителей древесины. Если потребители находятся на железной дороге, то следует принимать железно-

дорожный вариант, а если они на реке, то речной. При железнодорожном варианте очень важно наличие станции. Примыкание вне железнодорожной станции связано с большими трудностями — надо строить станцию или разъезд или подъездной тупик от существующей станции.

Наиболее простое примыкание лесовозной дороги — к грузосборочной магистрали. Для этого нужна сухая площадка для перегрузочного пункта и площадка для создания запаса хлыстов. По такой схеме работает грузосборочная магистраль Усть-Илимского лесопромышленного комплекса, к которой примыкает 12 лесовозных дорог.

### **5.3. Выбор принципиальной схемы лесотранспортной сети**

Обоснование схемы транспортного освоения лесов производят путем разработки и экономического сравнения вариантов. Варианты транспортного освоения лесов могут различаться между собой схемой первичной лесотранспортной сети, намечаемой для освоения массива; видом лесовозного и транзитного транспорта, используемого для доставки леса до нижнего склада предприятия и до потребителя; типом тяговых единиц.

По выбранному в результате расчетов и сравнения варианту схемы транспортного освоения лесосырьевой базы приводят подробное обоснование направления магистралей и основных веток с учетом размещения ликвидных запасов, рельефа местности, возможности пересечения крупных водотоков, деления на зоны летней и зимней эксплуатации. Кроме того, приводят данные по проектированию дорог хозяйственного назначения и протяженности ежегодно строящихся лесовозных усов.

Исходя из принятых грузооборотов дорог, сроков их службы, наличия местных дорожно-строительных материалов, а также типа лесовозного автопоезда проводят технико-экономические расчеты по обоснованию принимаемых типов дорожного покрытия с указанием источников получения привозных и местных материалов и способов их доставки. Намечают и обосновывают мероприятия по усилению или реконструкции дорожной одежды и мостов на существующих дорогах. Дают технико-экономическое обоснование выбранных в варианте искусственных сооружений, типа автопоезда и проводят расчет потребности транспортных средств.

**Показатели оценки вариантов схем транспортного освоения лесов.** Для оценки и сравнения рассматриваемых вариантов схем транспортного освоения лесов используют следующие *основные экономические показатели*:

- прибыль предприятия, или дисконтированный доход (разница между ценой реализации и затратами);
- эксплуатационные затраты (себестоимость) по заготовке и транспортировке леса до нижних складов или складов потребителей;
- капитальные затраты на строительство лесозаготовительных, лесосплавных и лесоперевалочных предприятий или отдельных объектов в них, на строительство, реконструкцию и улучшение автомобильных магистральных дорог, на устройство речной сети для сплава и на осуществление других мероприятий, связанных с техническим обеспечением транспортно-технологического процесса по заготовке и доставке лесоматериалов до нижнего склада или до склада потребителя;
- вложения в оборотные средства предприятий, связанные с накоплением древесины на различных стадиях транспортно-технологического процесса от мест заготовки лесоматериалов до складов потребителей.

Кроме указанных основных экономических показателей используют дополнительные показатели, учитывающие скорость и равномерность поставки лесоматериалов потребителям, возможность использования существующих или вновь проектируемых транспортных путей другими предприятиями, степень использования отводимого в рубку лесосечного фонда, обеспечение экологических требований и т. д.

**Основные системы путей**, применяемые для освоения лесных массивов, можно разделить на три группы (рис. 5.1):

- система путей «в елочку» (рис. 5.1, а), нашедшая наибольшее распространение в лесной промышленности;

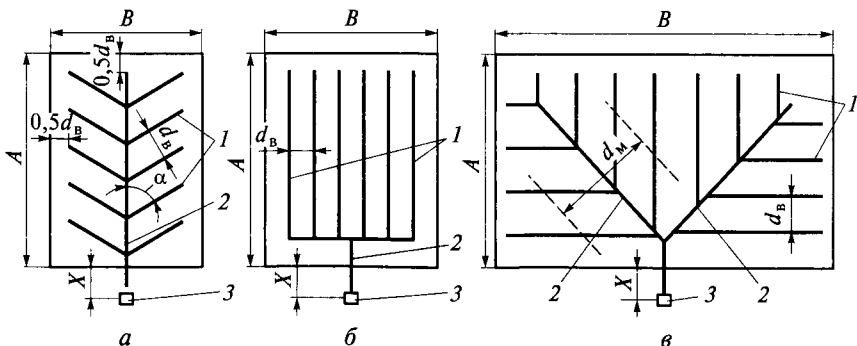


Рис. 5.1. Основные принципиальные схемы размещения лесовозных дорог: а — «в елочку»; б — «вильчатая»; в — с двумя расходящимися магистралями; 1 — ветки; 2 — магистрали; 3 — нижние склады

• система, не имеющая четко выраженной магистрали, состоящая большей частью из веток, — «вилчатая» (рис. 5.1, б);

• система путей с двумя расходящимися магистралями (рис. 5.1, в).

С учетом формы лесного массива, рельефа и других местных особенностей часто используют комбинированную систему, которая представляет собой комбинацию систем «в елочку» и «вилчатой».

Выбор систем путей для конкретных условий должен быть обоснован сравнением конкурирующих вариантов. Основными параметрами для сравнения являются затраты на строительство дорог и на вывозку древесины.

Система путей «в елочку» является наиболее распространенной, так как обладает общей высокой технологичностью, хорошей приспособляемостью к рельефу местности даже в сложных условиях, минимальным протяжением пассивных соединительных путей, относительно небольшим расстоянием вывозки по веткам.

Основные оценочные параметры системы «в елочку»:  
длина магистрального пути

$$L_M = \left( X + A - \frac{d_B}{2} - \frac{B - d_B}{4} \operatorname{ctg} \alpha \right) k_{p.M}, \quad (5.3)$$

где  $X$  — расстояние от нижнего склада до границы сырьевой базы;  
 $A$  — длина сырьевой базы;  $d_B$  — расстояние между ветками;  $B$  — средняя ширина базы;  $\alpha$  — угол примыкания веток к магистрали;  
 $k_{p.M}$  — коэффициент развития трассы магистрали;  
суммарная длина веток

$$l_B = \left( \frac{A(B - d_B)}{d_B \sin \alpha} + \frac{B - d_B}{4} \operatorname{ctg} \alpha \right) k_{p.B}, \quad (5.4)$$

где  $k_{p.B}$  — коэффициент развития трассы веток;  
среднее расстояние вывозки

$$l_{cp} = \left( X + 0,5A - \frac{B - d_B}{4} \operatorname{ctg} \alpha + \frac{B}{4 \sin \alpha} \right) k_p, \quad (5.5)$$

где  $k_p$  — средний коэффициент развития трассы лесных дорог;  
среднее расстояние вывозки по магистрали

$$l_{cp.M} = \left( X + 0,5A - \frac{B - d_B}{4} \operatorname{ctg} \alpha \right) k_{p.M}; \quad (5.6)$$



среднее расстояние вывозки по веткам

$$l_{\text{ср.в}} = \frac{B}{4 \sin \alpha_1} k_{\text{р.в}}, \quad (5.7)$$

где  $\alpha_1$  — угол примыкания веток к магистрали при «вилочатой» схеме.

«Вилочатая» система имеет небольшие затраты на строительство магистральных путей, ветки можно строить без разъездов, организовав кольцевое движение, соединив концы усов на смежных ветках служебными проездами. Недостатками «вилочатой» системы являются снижение скорости движения, увеличение среднего расстояния вывозки.

Длина магистрального пути

$$L_{\text{м}} = X + \frac{B - 3d_{\text{в}}}{\sin \alpha_1} k_{\text{р.м}}. \quad (5.8)$$

Суммарная длина веток

$$L_{\text{в}} = \left[ \frac{(A - 3/4d_{\text{в}})B}{d_{\text{в}}} + \frac{2d_{\text{в}}}{\sin \alpha_1} \right] k_{\text{р.в}}. \quad (5.9)$$

Среднее расстояние вывозки

$$l = \left[ X + (0,5(A - d_{\text{в}}) + 0,5A) + \frac{B}{4 \sin \alpha_1} k_{\text{р}} \right]. \quad (5.10)$$

Среднее расстояние вывозки по магистрали

$$l_{\text{ср.м}} = X + \frac{B}{4 \sin \alpha_1} k_{\text{р.м}}; \quad (5.11)$$

по веткам

$$l_{\text{ср.в}} = \frac{1}{2}(A - d_{\text{в}})k_{\text{р.в}}. \quad (5.12)$$

Систему путей с двумя расходящимися магистралями применяют при освоении крупных лесных массивов, когда целесообразно выделить зоны летней и зимней вывозки. В этом случае при сравнении вариантов эту схему можно рассматривать как две системы путей с различными магистралями. Комбинированная система путей экономически целесообразна при значительной ширине осваиваемого лесного массива.

**Определение капитальных вложений и себестоимости вывозки лесоматериалов при сравнении вариантов.** Для обоснования основных параметров и выбора решений на этапе предпроектных работ, а также в процессе проектирования для выбора решений из множества возможных невозможно и нецелесообразно выполнять точные расчеты капитальных и эксплуатационных затрат с составлением подробных смет и калькуляций. Для выполнения таких расчетов потребовалось бы значительное количество исходных данных, которые можно получить в полном объеме лишь в результате проработки всего проекта по каждому из сравниваемых вариантов. При сравнении вариантов следует использовать метод расчета капитальных и эксплуатационных затрат по экономико-математическим или эмпирическим зависимостям, разработанным проектными институтами на основе анализа множества проектов. Эмпирические зависимости, разработанные проектными институтами общего транспорта не могут быть использованы для проектирования лесовозных дорог, так как они не учитывают особенностей лесовозного транспорта.

Эмпирические формулы для определения капитальных затрат на строительство и зависимости себестоимости вывозки лесоматериалов от основных факторов, влияющих на ее величину, должны быть по возможности простыми и удобными для математического анализа и адекватно отражать влияние на себестоимость всех основных факторов и быть пригодными для использования при проектировании различных видов транспорта в различных условиях эксплуатации.

Размер капитальных затрат  $K_d$  в рублях на лесотранспорт при постройке новой лесовозной дороги может быть выражен следующей зависимостью

$$K_d = (X + L_m)C_m + L_b C_b + DN_m + Y, \quad (5.13)$$

где  $X$  — расстояние от границы сырьевой базы до нижнего склада, км;  $L_m$  — длина магистрали, строящейся в пределах сырьевой базы, км;  $L_b$  — протяжение веток, строящихся в пределах сырьевой базы, км;  $C_m$  и  $C_b$  — соответственно строительная стоимость 1 км магистрали и ветки с учетом постройки развязов, малых искусственных сооружений, связи, водоотводных сооружений, затрат на приобретение машин для содержания дорог и др., руб.;  $D$  — размер капитальных затрат на постройку зданий сооружений транспортного хозяйства и приобретение подвижного состава, отнесенный к одному списочному лесовозному тягачу, руб.;  $N_m$  — списочное число необходимых лесовозных тягачей, ед.;  $Y$  — капитальные затраты на постройку сооружений и приобретение оборудования, не учтенные укрупненными измерителями (например, постройка средних и больших мостов), руб.

При сравнении вариантов эксплуатационные затраты на лесотранспорт можно вычислить по упрощенной формуле

$$x = x_{\text{дор}} + x_{\text{тр}}, \quad (5.14)$$

где  $x_{\text{дор}}$  — дорожная составляющая себестоимости вывозки древесины;  $x_{\text{тр}}$  — транспортная составляющая себестоимости вывозки.

При строительстве всех веток в пределах сырьевой базы за счет эксплуатационных затрат себестоимость вывозки  $x$ , руб./м<sup>3</sup>, может быть вычислена по формуле

$$x = \frac{n_{\text{а.м}} C_{\text{м}} L_{\text{м}}}{100Q} + \frac{C_{\text{в}} k_{\text{уд}}}{100d_{\text{в}} \gamma} + \frac{B_{\text{пут}} L}{Q} + \frac{0,85 C_{\text{ус}}}{100l_{\text{ус}} \gamma} + \frac{d}{Q} + \frac{M}{\Pi}, \quad (5.15)$$

где  $n_{\text{а.м}}$  — норма амортизационных отчислений от стоимости строительства магистрали, %;  $C_{\text{м}}$  — стоимость строительства 1 км магистрального пути, руб.;  $L_{\text{м}}$  — длина магистрали, км;  $Q$  — годовой объем вывозки леса, м<sup>3</sup>;  $C_{\text{в}}$  — стоимость строительства 1 км ветки, руб.;  $k_{\text{уд}}$  — коэффициент, учитывающий прокладку веток частично по неэксплуатационным участкам базы;  $d_{\text{в}}$  — среднее расстояние между ветками, км;  $\gamma$  — запас ликвидной древесины на 1 га эксплуатационной площади, м<sup>3</sup>/га;  $B_{\text{пут}}$  — затраты на содержание в исправности 1 км дороги (магистрали и веток), руб.;  $L$  — приведенная длина эксплуатируемых путей (магистрали и веток), км; 0,85 — коэффициент, учитывающий, что часть древесины трелюется непосредственно в ветках;  $C_{\text{ус}}$  — стоимость строительства и содержания 1 км лесовозного уса, руб.;  $l_{\text{ус}}$  — среднее расстояние между усами, км;  $d$  — прочие расходы, связанные с вывозкой древесины;  $M$  — полная себестоимость одной машиносмены на вывозке древесины, руб.;  $\Pi$  — сменная производительность лесовозного поезда, м<sup>3</sup>.

Производительность автопоезда на вывозке древесины определяется по формуле

$$\Pi = \frac{(T - t_{\text{п.з}}) k_{\text{вр}} Q_{\text{пол}}}{120l_{\text{ср}}/v_{\text{ср}} + t_{\text{пр}}}, \quad (5.16)$$

где  $T$  — продолжительность рабочей смены, мин;  $t_{\text{п.з}}$  — подготовительно-заключительное время, мин;  $k_{\text{вр}}$  — коэффициент использования рабочего времени;  $Q_{\text{пол}}$  — полезная нагрузка на поезд, м<sup>3</sup>;  $l_{\text{ср}}$  — среднее расстояние вывозки древесины, км;  $v_{\text{ср}}$  — средняя скорость движения в обоих направлениях на вывозке древесины, км/ч;  $t_{\text{пр}}$  — сумма времени простоев поезда за 1 рейс, мин.

Учитывая арендные отношения лесозаготовительных предприятий с лесовладельцами, отнесение всех затрат на строительство

лесовозных веток на вывозку древесины не является оправданным. Согласно правилам передачи лесного фонда в аренду или рубку по окончании вывозки леса эти дороги приводятся в эксплуатационное состояние и передаются лесовладельцу и используются для нужд лесного хозяйства. В этом случае формула (5.15) может быть представлена в виде

$$x = \frac{B_{\text{пут}}L}{Q} + \frac{n_{\text{а.м}}C_{\text{ср}}L}{100Q} + \frac{M}{\Pi} + \frac{0,85C_{\text{ус}}}{100\gamma l_{\text{ус}}} + \frac{d}{Q}, \quad (5.17)$$

где  $L$  — длина эксплуатируемых путей постоянного действия, включая магистрали и ветки, км;  $C_{\text{ср}}$  — средняя стоимость строительства 1 км дорог постоянного действия, руб.

Подставив формулу (5.16) в выражение (5.17) и произведя преобразования, получим формулу для расчета себестоимости вывозки древесины, руб./м<sup>3</sup>:

$$x = \frac{B_{\text{пут}} + 0,01n_{\text{а.м}}C_{\text{ср}}}{\alpha_{\text{пр}}Q} l_{\text{ср}} + \frac{120M}{Tk_{\text{вр}}Q_{\text{пол}}v_{\text{ср}}} l_{\text{ср}} + \frac{Mt_{\text{пр}}}{Tk_{\text{вр}}Q_{\text{пол}}} + 0,0085 \frac{C_{\text{ус}}}{\gamma l_{\text{ус}}} + \frac{d}{Q}, \quad (5.18)$$

где  $\alpha_{\text{пр}}$  — коэффициент пробега, равный отношению  $\frac{l_{\text{ср}}}{L}$ ,  $\alpha_{\text{пр}} = 0,35 \dots 0,5$ .

Вводя обозначения

$$a = \frac{Mt_{\text{пр}}}{Tk_{\text{вр}}Q_{\text{пол}}} + 0,0085 \frac{k_{\text{ус}}}{\gamma l_{\text{ус}}}; \quad (5.19)$$

$$b = \frac{120M}{Tk_{\text{вр}}Q_{\text{пол}}v_{\text{ср}}}; \quad (5.20)$$

$$c = \frac{B_{\text{пут}} + 0,01n_{\text{а.м}}C_{\text{ср}}}{\alpha_{\text{пр}}}, \quad (5.21)$$

получим формулу для расчета стоимости вывозки древесины в зависимости от годового объема и среднего расстояния вывозки

$$x = a + \left( b + \frac{c}{Q} \right) l_{\text{ср}} + \frac{d}{Q}. \quad (5.22)$$

В этой формуле величина  $a$ , руб./м<sup>3</sup>, учитывает затраты на постройку усов и стоимость простоев лесовозных поездов во вре-

мя работы; величина  $b$ , руб./( $\text{м}^3 \cdot \text{км}$ ), представляет собой стоимость  $1 \text{ м}^3 \cdot \text{км}$  грузовой работы; величина  $c$ , руб./км, учитывает путевые расходы, а величина  $d$  — расходы на содержание управления дороги.

#### **5.4. Обоснование оптимальных размеров арендуемой лесосырьевой базы**

Чтобы обеспечить бесперебойную работу лесозаготовительного предприятия, за ним на правах аренды закрепляют *лесосырьевую базу* — определенные участки территории, занятой лесом.

При отборе лесных массивов для аренды и организации их эксплуатации необходимо учитывать большое влияние ликвидного запаса древесины на размер капитальных вложений и себестоимость вывозки леса.

Если лесозаготовительное предприятие имеет только одну лесовозную дорогу, то лесосырьевая база предприятия одновременно является и лесосырьевой базой лесовозной дороги. Если лесозаготовительное предприятие имеет несколько лесовозных дорог, то лесосырьевая база предприятия составляется из лесосырьевых баз отдельных лесовозных дорог, входящих в его состав.

Параметры лесосырьевой базы лесовозной дороги определяются двумя показателями — площадью и запасом древесины. Площадь представляет собой постоянную величину, не изменяющуюся со временем, а запас древесины является переменной величиной, изменяющейся как за счет вырубки, так и за счет естественного прироста, убыли и стихийных факторов.

При проектировании лесозаготовительных предприятий принимают во внимание динамику изменения запасов древесины в сырьевой базе с течением времени и учитывают не только спелые древостои, но и насаждения всех групп возрастов.

При обосновании границ сырьевой базы лесовозной дороги встречаются два случая:

1) осваивается новый, ранее не освоенный лесной район, имеющий значительные границы как по фронту транзитной магистрали, к которой будут примыкать проектируемые дороги, так и в глубину;

2) по соседству с сырьевой базой проектируемой дороги уже имеются действующие лесовозные дороги.

В ряде случаев границы сырьевых баз определяются условиями рельефа местности, большими реками или существующими путями транспорта общего пользования. В этом случае надобность в проведении технико-экономических расчетов по обоснованию границ отпадает. При спокойном рельефе и отсутствии естественных границ возникает задача обоснования оптимальных размеров сырьевых баз.

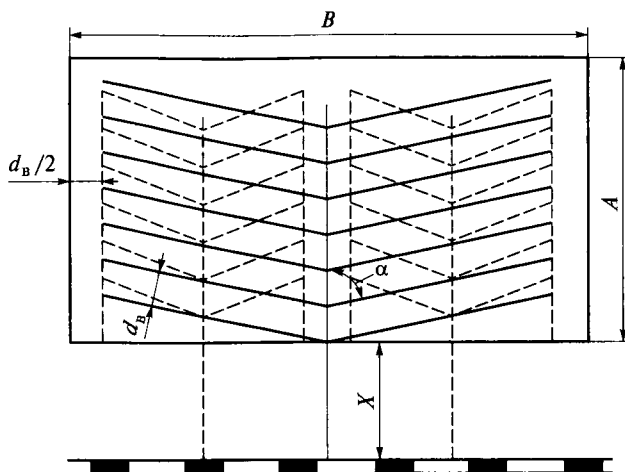


Рис. 5.2. Расчетная схема к определению оптимальной ширины сырьевой базы лесовозной дороги

Рассмотрим случай, когда осваивается новый лесной район, и по соседству с сырьевой базой нет действующих предприятий, а сырьевая база вытянута вдоль транзитной магистрали.

При этом возникает задача обоснования целесообразности строительства одной или более лесовозных дорог. Для этого необходимо установить, какое влияние оказывает изменение ширины лесосырьевой базы на основные параметры проектируемого предприятия и на показатели его работы.

При равномерном распределении запасов древесины на территории и неизменной длине увеличение ширины базы ведет к увеличению запасов в базе. Это обеспечивает возможность увеличения проектной мощности предприятия или удлинения сроков работы дороги (рис. 5.2).

Запас ликвидной древесины в базе  $Q_{\delta}$ ,  $\text{м}^3$ , в зависимости от ширины определяют по формуле

$$Q_{\delta} = 100\gamma AB, \quad (5.23)$$

где  $A$  — длина базы, км;  $B$  — средняя ширина базы, км;  $\gamma$  — запас ликвидной древесины на единице общей площади базы,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Капитальные вложения  $K$ , руб., на постройку лесовозных дорог на весь срок эксплуатации можно определить по формуле

$$K = \left[ C_M (A + X) + \frac{(B - d_B) A C_B}{d_B \sin \alpha} \right] k_p, \quad (5.24)$$

где  $C_M$  — стоимость строительства 1 км магистрали, руб.;  $C_B$  — стоимость строительства 1 км веток, руб.;  $d_B$  — расстояние между

ветками, км;  $X$  — расстояние от нижнего склада до границы сырьевой базы, км;  $k_p$  — коэффициент развития (удлинения) трассы.

Удельные капитальные вложения на  $1 \text{ м}^3$  запаса древесины  $K_{уд}$ , руб./ $\text{м}^3$ :

$$K_{уд} = \frac{K}{Q_6} = \frac{k_p}{100\gamma} \left( \frac{C_M}{B} + \frac{XC_M}{AB} + \frac{C_B}{d_B \sin \alpha} + \frac{C_6}{B \sin \alpha} \right). \quad (5.25)$$

Влияние изменения ширины сырьевой базы лесовозной дороги на себестоимость вывозки древесины довольно сложно. С одной стороны, увеличение ширины сырьевой базы приводит к увеличению среднего расстояния вывозки, в том числе по веткам, где скорости движения ниже, что ведет к удорожанию эксплуатационных расходов. С другой стороны, благодаря увеличению ширины сырьевой базы увеличиваются ее запасы и создается возможность увеличения грузооборота дороги, что ведет к снижению удельных эксплуатационных расходов.

Для определения оптимальной ширины зоны тяготения лесных грузов к магистральным лесным дорогам в качестве критерия оптимальности следует принять удельные приведенные затраты на постройку магистрали и веток и на вывозку древесины по веткам и магистрали. Согласно схеме (рис. 5.2) математическую модель можно представить в следующем виде:

$$P_{уд} = \frac{(E_0 C_M + S_M) k_{p,м} \beta}{100 q_{cp} B} + \frac{(E_0 C_B + S_B)(B - d) k_{p,в}}{100 q_{cp} B d} + \frac{b_B k_p B}{4 \sin \alpha} + \frac{b_M k_p B}{4 \text{tg } \alpha} \rightarrow \min, \quad (5.26)$$

где  $E_0$  — обобщенный показатель эффективности капитальных вложений с учетом нормы амортизационных отчислений;  $C_M$  и  $C_B$  — стоимость постройки 1 км магистрали и ветки, руб.;  $S_M$  и  $S_B$  — ежегодные расходы на содержание и ремонт 1 км соответственно магистрали и веток, руб./км;  $k_{p,м}$  и  $k_{p,в}$  — коэффициенты развития трассы магистрали и ветки;  $\beta$  — коэффициент, учитывающий постройку дороги через нелесные площади;  $q_{cp}$  — средний объем рубки с единицы лесной площади,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $B$  — ширина зоны тяготения к магистрали, км;  $d$  — ширина зоны тяготения к веткам, км;  $b_M$  и  $b_B$  — стоимости вывозки  $1 \text{ м}^3 \cdot \text{км}$  древесины по магистрали и ветке, руб./( $\text{м}^3 \cdot \text{км}$ );  $\alpha$  — угол примыкания веток к магистрали.

Обобщенный показатель  $E_0$  определяют по формуле

$$E_0 = E_H + 0,01 n_{ам}, \quad (5.27)$$

где  $E_H$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;  $n_{ам}$  — норма амортизационных отчислений, %.

Средний объем рубки с единицы лесной площади

$$q_{\text{ср}} = \frac{0,01Q}{S} + q_{\text{пр}}, \quad (5.28)$$

где  $Q$  — общий объем рубки (спелых лесов и рубок ухода),  $\text{м}^3$ ;  $S$  — площадь зоны тяготения,  $\text{км}^2$ ;  $q_{\text{пр}}$  — объем перевозок прочих грузов,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Решая задачу на поиск минимума функции  $P_{\text{уд}} = f(B)$ , получим

$$B_{\text{опт}} = 0,2 \sqrt{\frac{(\beta(E_0 C_M + B)k_{\text{р.м}} - (E_0 C_B + B_B)k_{\text{р.в}}) \sin \alpha}{q_{\text{ср}}(b_k k_{\text{р.в}} - b_M \cos \alpha)}}, \quad (5.29)$$

где  $B_{\text{опт}}$  — оптимальная ширина зоны тяготения к магистрали,  $\text{км}$ .

Аналогично находят оптимальную ширину зоны тяготения к веткам  $d_{\text{опт}}$ .

*Удельные приведенные затраты* на строительство, содержание и ремонт веток, перевозку грузов по веткам и усам (или волокам, если не строятся усы), на переходы рабочих по уходу за лесом от дороги к месту работы и обратно

$$P_{\text{уд}} = \frac{(E_0 C_B + B_B)k_{\text{р.в}}}{100q_{\text{ср}}d} + \frac{b_{\text{тр}}dk_{\text{р.ус}}}{4} + \frac{fzdk_{\text{р.ус}}}{2v_{\text{раб}}} \rightarrow \min, \quad (5.30)$$

где  $b_{\text{тр}}$  — стоимость подвозки древесины (и прочих грузов) до ветки (по усам или волоком),  $\text{руб.}/(\text{м}^3 \cdot \text{км})$ ;  $d$  — ширина зоны тяготения к ветке,  $\text{км}$ ;  $k_{\text{р.ус}}$  — коэффициент развития трассы уса (или волока);  $f$  — средние ежегодные трудовые затраты, отнесенные к  $1 \text{ м}^3$  лесного сырья,  $\text{ч}/\text{м}^3$ ;  $z$  — средняя часовая заработная плата с начислениями рабочих на уходе за лесом,  $\text{руб.}$ ;  $v_{\text{раб}}$  — средняя скорость передвижения рабочих в лесу,  $\text{км}/\text{ч}$ .

Решая задачу на определение минимума функции  $P_{\text{уд}} = f(d)$ , получим

$$d_{\text{опт}} = 0,2 \sqrt{\frac{(E_0 C_B + B_B)k_{\text{р.в}}}{\left(b_{\text{тр}} + \frac{2fz}{v_{\text{раб}}}\right)q_{\text{ср}}k_{\text{р.ус}}}}. \quad (5.31)$$

## 5.5. Размещение лесовозных дорог

**Разработка генеральных схем размещения лесовозных дорог.** Как в новых, так и в эксплуатируемых лесных массивах разработка



генеральных схем размещения предотвращает хаотичное строительство лесовозных дорог и обеспечивает резкое уменьшение затрат на дорожное строительство.

Густота дорожной сети в лесных массивах и их размещение зависит от возраста насаждений, их состояния, рельефа местности, почвенно-грунтовых и гидрогеологических условий, наличия существующих дорог и местных дорожно-строительных материалов.

Разработка генеральной схемы размещения лесных дорог выполняется в следующем порядке:

1) проверяют соответствие имеющейся лесосырьевой базы и производственной мощности предприятия;

2) выбирают наилучшую структуру транспортного процесса, тип транспорта и подвижного состава с учетом выполнения рубок главного и промежуточного пользования;

3) обосновывают единую транспортную сеть, обеспечивающую доставку лесного сырья к пунктам потребления и согласованную с дорожной сетью района;

4) выполняют расчеты по оптимизации размеров зон тяготения к магистралям и веткам;

5) определяют число магистральных путей и выполняют их размещение;

6) размещают зоны тяготения и трассы веток;

7) размещают дороги специального назначения и служебные проезды. Схему дорог намечают на карте лесного фонда.

Пользуясь генеральной схемой размещения лесных дорог, разрабатывают планы дорожного строительства.

Общая последовательность работы по разработке генеральной схемы состоит в том, что сначала размещают магистрали, затем зоны тяготения веток, а в пределах зон намечают трассы веток.

**Размещение магистрали.** Магистраль размещают из условий получения минимума приведенных затрат на ее строительство и вывозку древесины по веткам и магистрали.

При равномерном размещении в лесном массиве эксплуатационных запасов древесины минимальное протяжение магистрали и наименьшее среднее расстояние вывозки по ней будет при размещении ее по прямой, делящей запасы лесного сырья на две равные части.

При неравномерном размещении запасов лесного сырья используют способ прокладки магистрали, предложенный Н. М. Невесским и улучшенный позднее А. А. Ранцевым и Б. А. Ильиным.

Лесной массив делят на ряд полос, перпендикулярных общему направлению лесного грузопотока (рис. 5.3, а). В каждой полосе находят точки  $a, b, c, \dots, j$ , делящие запасы в ней на две равные части. Соединив эти точки прямыми линиями, получают «эконо-

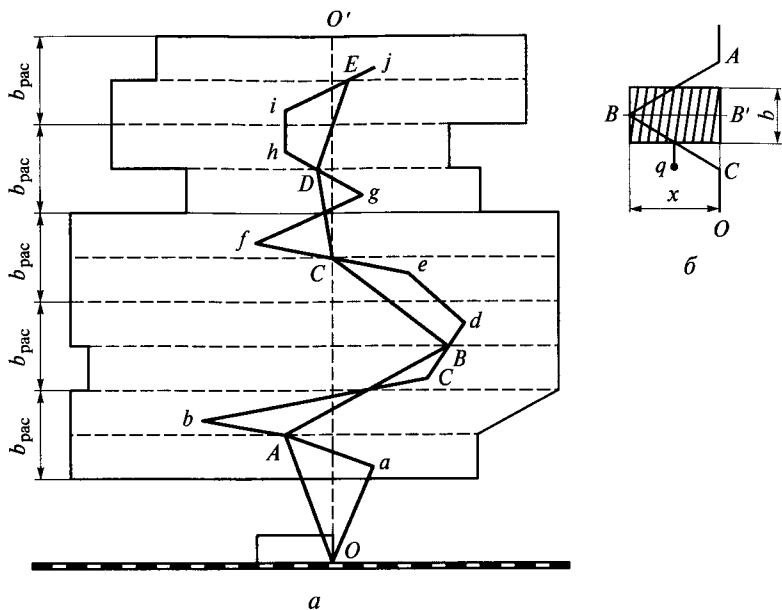


Рис. 5.3. Размещение магистрали в лесосырьевой базе:

*a* — размещение экономической трассы; *б* — обоснование спрямления магистрали

мическую» трассу магистрали, при которой расстояния подвозки грузов по веткам к магистрали будут минимальными. Отклонение магистрали от кратчайшего расстояния  $OO'$  в каждой полосе на расстояние  $x$  вызывает увеличение грузовой работы на ветках и увеличение длины магистрали.

Грузовая работа на ветке в каждой полосе увеличивается на величину

$$\Delta R = qx = 100\gamma bx^2, \quad (5.32)$$

где  $q$  и  $x$  — запас сырья и расстояние между точками  $B$  и  $B'$ ;  $\gamma$  — ликвидный запас сырья на 1 га площади между точками  $B$  и  $B'$  (рис. 5.3, б);  $b$  — ширина полосы.

Длина магистрали в пределах каждой полосы увеличится на величину

$$L_{уд} = 2(\sqrt{x^2 + b^2} - b). \quad (5.33)$$

С учетом этого *условие выгодности* прокладки магистрали по прямой выражается неравенством

$$L_{уд} (C_M + k_M Q \lambda_{о.э.м}) \geq \frac{100 k_B b x^2 \lambda_{о.э.в} \gamma}{m \sin \alpha}, \quad (5.34)$$

где  $C_M$  — стоимость строительства 1 км магистрали, руб.;  $k_M, k_B$  — стоимость перевозки древесины по магистрали и ветке, руб./( $m^3 \cdot км$ );  $\lambda_{о.э.м}, \lambda_{о.э.в}$  — коэффициенты учета отдаленности во времени эксплуатационных расходов соответственно магистрали и ветки;  $b$  — ширина полосы, км;  $m$  — срок действия ветки в данной полосе, лет;  $\alpha$  — угол примыкания веток к магистрали.

С учетом формулы (5.33) условие выгодности прокладки магистрали по прямой  $OA$ , т.е. через точку  $B'$ , в данной полосе будет иметь вид

$$x \leq \frac{\sqrt{1 - 2Ab^2\gamma}}{b\gamma}, \quad (5.35)$$

где  $A = \frac{50k_B \lambda_{о.э.в}}{m(C_M + k_M Q \lambda_{о.э.м}) \sin \alpha}$ .

Из формулы (5.35) видно, что на величину  $x$  большое влияние имеет ширина полосы  $b$ . Для определения наиболее целесообразной ширины полосы примем в формуле (5.35)  $x = 0$ . При этом  $1 - 2Ab^2\gamma = 0$ , откуда

$$b_{рас} = \sqrt{\frac{1}{2A\gamma}} = 0,1 \sqrt{\frac{m(C_M + k_M Q \lambda_{о.э.м}) \sin \alpha}{k_B \lambda_{о.э.в} \gamma}}. \quad (5.36)$$

Расчетная ширина полосы  $b_{рас}$  определяет наивыгоднейшее местоположение магистрали, определяемое точками  $O, A, B, C, \dots$ , делящими запасы сырья в каждой полосе на две равные части.

**Размещение веток.** Оптимальная ширина зоны тяготения лесных грузов к веткам определяется по формуле (5.31). Предварительно площадь сырьевой базы разбивают по средней величине объема рубок  $q_{ср}$  на несколько групп. Для каждой группы  $q_{ср}$  определяют ширину зоны тяготения и наносят на карту лесного фонда.

После этого в пределах соответствующих зон тяготения наносят «экономическую» трассу веток по аналогии с размещением «экономической» трассы магистрали. При прокладке веток в равнинной местности, где рельеф не влияет на удельные затраты подвозки к веткам (или трелевки), трассы веток назначают посередине зоны тяготения.

После утверждения генеральной схемы размещения дорог в лесном массиве выполняют работы по изысканию и проектирова-

нию каждой отдельной дороги по этапам, в зависимости от установленных сроков ввода в эксплуатацию отдельных участков лесного фонда.

## 5.6. Организация изысканий дорог

В зависимости от объема работ изыскания ведут изыскательские экспедиции или изыскательские партии. В состав экспедиции могут входить несколько изыскательских партий. При небольших объемах работ может быть организована самостоятельная изыскательская партия. Каждая изыскательская партия обеспечивается комплектом геодезических инструментов, приборами и инструментами, необходимыми для инженерно-геологических работ, лесорубочными инструментами и таборным имуществом.

**Распределение работ.** В изыскательской партии работа обычно распределяется следующим образом:

- начальник партии, кроме руководства работой в целом и ее хозяйственного обеспечения, ведет рекогносцировку трассируемой дороги, участвует в трассировании дороги;
- инженер партии в основном занимается трассированием;
- техник-пикетажист ведет пикетаж протрассированной дороги;
- техники-нивелировщики проводят нивелирование;
- техник-геолог выполняет геологические и гидрогеологические обследования местности по трассе дороги и ведет разведку месторождений дорожно-строительных материалов.

**Трассирование дороги.** Для обоснования норм проектирования до начала трассирования необходимо изучить местность и установить тип рельефа местности, пользуясь данными табл. 5.2. Рельеф местности можно установить по карте, материалам аэрофотосъемок, облетами местности на вертолетах или самолетах или наземной рекогносцировкой.

В зависимости от положения трассы на местности различают долинные, продольно-водораздельные, косогорные и поперечно-водораздельные *ходы трассирования*.

*Долинный ход* характеризуется незначительными продольными уклонами, в основном спусками в грузовом направлении. При этом вывозка древесины по веткам и трелевка осуществляются под гору. Недостатки этого хода заключаются в том, что в долинах чаще всего встречаются мелкодисперсные недренирующие грунты, возможны заболоченные поймы, требуется большое число водопропускных сооружений, зимой возможны наледи, весной — подтопление дороги. Долинный ход более всего подходит для зимних дорог.

*Продольно-водораздельный ход:* его достоинства — малое число водопропускных сооружений, спокойный продольный профиль;

## Типы рельефа местности

Тип рельефа местности	Характеристика рельефа местности	Наибольший уклон поверхности земли	Наибольшее колебание отметок на 1 км, м
Равнинный	Ровные пространства, долины рек с пологими скатами, широкие спокойные водоразделы	1:15	Не более 30
Слабохолмистый	Малорасчлененный долинами рек. С отдельными редкими сопками и впадинами	1:10	Менее 50
Холмистый	Местность сильно пересечена, водоразделы узкие, большое число оврагов	1:5	Менее 80
Гористый	Склоны гор и предгорий с сильно расчлененным рельефом. Узкие долины горных рек	1:3	Менее 100
Горный	Извилистые, глубокие ущелья с очень крутыми с сильно изрезанными склонами	Более чем 1:3	Более 100

недостатки — вывозка древесины по веткам и трелевка осуществляются в гору, на плоских водоразделах в лесу часто встречаются обширные заболоченные пространства со сложными условиями отвода воды от земляного полотна.

*Косогорный ход* предоставляет возможность прокладывать дорогу с незначительными спусками и подъемами. Недостатки — сложный водоотвод в связи с большим притоком воды с нагорной стороны, возможны размывы земляного полотна и дорожной одежды, особенно в горных условиях.

*Поперечно-водораздельный ход*: достоинство — хороший отвод воды от дороги; недостаток — большие подъемы и спуски, значительные объемы земляных работ.

**Трассирование по карте.** До начала трассирования устанавливают фиксированные точки, через которые должна пройти трасса. Это могут быть места пересечений водотоков, существующих путей, контурные препятствия и т. п. Определяют участки вольного

и стесненного хода. *Вольным ходом* называют участки трассы, на которых естественные уклоны местности меньше уклонов трассирования (руководящего уклона и максимального спуска в грузовом направлении); *стесненным ходом* — участки, где естественные уклоны местности равны или больше уклонов трассирования.

Трассирование начинают с участков стесненного хода. Для этого вычисляют *шаг трассирования* — расстояние между двумя смежными горизонталями по прямой линии, уклон которой равен уклону трассирования. Шаг трассирования  $l$  вычисляют по формуле  $l = h/i_{тр}$ , где  $h$  — высота сечения горизонталей, м;  $i_{тр}$  — уклон трассирования, в долях единицы.

После того как завершено трассирование на участках стесненного хода, наносят трассу на участках вольного хода.

По каждому варианту трассы определяют основные технико-экономические показатели: длину дороги; число водопропускных сооружений; объем земляных работ; число кривых; расход дорожно-строительных материалов; стоимость строительства; приведенные затраты и чистый дисконтированный доход. По каждому показателю устанавливают лучший.

Трассирование дороги по карте может быть выполнено автоматизированным методом. В этом случае рельеф, ситуацию и геологическое строение местности представляют в виде цифровой математической модели.

**Трассирование на местности.** При трассировании на местности может быть два случая:

- 1) дорога протрассирована по карте;
- 2) трассирование по карте не проводилось.

Как правило, трассирование на местности сводится к переносу трассы с карты на местность. При этом трассу закрепляют на местности вешками, пикетажными столбиками, затесками на деревьях; проводят пикетаж, разбивку углов поворота, разбивку и закрепление основных точек кривых. При необходимости уточняют на местности положение трассы. При выноске трассы в натуру, на местность, используют геодезические триангуляционные сети и системы глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС).

По трассе проводят продольное нивелирование с привязкой к реперам, а на косогорах, на пересечениях болот и водотоков проводят нивелирование поперечников.

Полевые инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания выполняют одновременно с геодезическими работами. Основная задача этих работ — дать полную характеристику грунтовых и гидрогеологических условий прохождения трассы и разведать месторождения дорожно-строительных материалов. Для решения этой задачи выполняют маршрутную инженерно-геологическую съемку по трассе полосой 200 м (на ветках — 100 м).

## Контрольные вопросы

1. В чем заключается специфика проектирования лесозаготовительных предприятий?
2. Какие существуют стадии проектирования?
3. Что входит в состав технического проекта лесозаготовительного предприятия?
4. Назовите показатели оценки вариантов схем транспортного освоения лесов.
5. Какие системы путей применяют для освоения лесных массивов, каковы их основные параметры?
6. Как определяют размеры капитальных вложений на транспорт и себестоимость вывозки лесопроductии?
7. Как обосновать оптимальные размеры арендуемых лесосырьевых баз?
8. Как обосновать оптимальную ширину зоны тяготения лесных грузов к дороге?
9. Как размещается система путей в лесном массиве?
10. Какие ходы применяют при трассировании дороги? Каковы их достоинства и недостатки?
11. Что такое шаг трассирования и как его определяют?

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА

## 6.1. Определение расчетного расхода воды

*Дорожным водоотводом* называют сооружения и устройства для сбора воды с дорожного полотна, откосов, косоогоров; отвода ее в пониженные места и пропуска ее с одной стороны дороги на другую сторону.

Лесные дороги в основном расположены в зоне избыточного увлажнения с преобладанием недренирующих грунтов, поэтому водоотвод на лесных дорогах имеет исключительно важное значение. Водоотвод на дорогах разделяют на продольный и поперечный. К сооружениям *продольного водоотвода* относят боковые, нагорные, отводящие и осушительные канавы, кюветы, боковые резервы, дренажи, дамбы. Сооружения *поперечного водоотвода* или водопропускные сооружения — это мосты, водопропускные трубы, лотки и фильтрующие насыпи.

**Расчет водоотвода.** Расчет элементов водоотвода сводится к определению их параметров, обеспечивающих пропуск расчетного расхода воды. *Расчетным расходом воды*  $Q_p$ , м<sup>3</sup>/с, называют объем воды, притекающий к сооружению водоотвода в одну секунду, а количество воды, протекающей через сооружение, — *объемом стока*  $W$ , м<sup>3</sup>/с. Поверхностный сток зависит от климатических условий, площади водосбора, уклонов лога и склонов, наличия растительности, впитываемости почвы и пр.

При определении часовой интенсивности ливня учитывают расчетный срок работы сооружения. На лесовозных дорогах водоотводные и водопропускные сооружения проектируют с вероятностью превышения расчетного расхода для больших капитальных мостов 1 % (1 раз в 100 лет), для малых и средних капитальных мостов — 2 %; для деревянных больших и средних мостов — 2 %, малых мостов и труб — 3 %; при проектировании нагорных канав на магистралях — 5 %, на ветках — 10 %.

Максимальный расход воды возникает или летом, во время интенсивного ливня — *ливневый сток*  $Q_{л}$ , или весной, во время таяния снега — *расход талых вод*  $Q_{т}$ , м<sup>3</sup>/с.

**Определение расхода ливневых вод.** В основу расчета положена формула расчета ливневого стока



$$Q_{\text{л}} = 1,67 a_{\text{р}} \alpha \varphi F, \quad (6.1)$$

где 16,7 — коэффициент, учитывающий различную размерность параметров, входящих в формулу;  $a_{\text{р}}$  — расчетная интенсивность ливня, мм/мин;  $\alpha$  — коэффициент потерь стока, зависящий от вида грунта и определяемый по табл. 6.1 (бóльшие значения при суточных осадках более 200 мм, меньшие — менее 80 мм);  $\varphi$  — коэффициент редукиции;  $F$  — площадь водосбора, км<sup>2</sup>, определяемая по карте или на местности.

Коэффициент редукиции  $\varphi$ , учитывающий возрастание неполноты стока с увеличением площади, при площади  $F < 100$  км<sup>2</sup> определяют по формуле

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{10F}}.$$

При площади  $F < 0,1$  км<sup>2</sup>  $\varphi = 1$ .

Расчетную интенсивность ливня определяют по формуле

$$a_{\text{р}} = K_{\text{т}} a_{\text{ч}},$$

где  $K_{\text{т}}$  — коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к расчетной;  $a_{\text{ч}}$  — интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин (табл. 6.2).

Наиболее полно изучены интенсивности ливней часовой продолжительности. В то же время найдена зависимость между интенсивностью ливня  $a$  и его продолжительностью  $t$ , мин:  $a = K/t^{2/3}$ , где  $K$  — климатический коэффициент.

Таблица 6.1

**Значения коэффициента потерь стока  $\alpha$**

Вид и характер поверхности	Коэффициент $\alpha$ при $F$ , км <sup>2</sup>		
	0...1	1...10	10...100
Скала, асфальт, бетон	1	1	1
Жирная глина	0,7...0,95	0,65...0,95	0,65...0,90
Суглинки, подзолы, серые лесные суглинки, тундровые и болотные почвы	0,60...0,90	0,50...0,80	0,5...0,75
Каштановые и карбонатные почвы	0,55...0,75	0,45...0,70	0,35...0,65
Супеси	0,30...0,55	0,20...0,50	0,20...0,45
Песчаные, гравелистые почвы	0,2	0,15	0,1

## Расчетные значения интенсивности ливня часовой продолжительности

Ливневые районы	Интенсивность ливня $a_c$ часовой продолжительности, мм/мин, при вероятности превышения, %					
	10	5	4	3	2	1
1	0,27	0,27	0,29	0,32	0,34	0,40
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70
4	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,90
5	0,46	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97
6	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01
7	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41
9	0,81	1,02	1,11	1,20	1,28	1,48
10	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74

Примечание. Номера ливневых районов определяют по карте (рис. 6.1).

Используя данные о часовой продолжительности ливня  $a_c$  (см. табл. 6.2), получим

$$a = \frac{60^{2/3}}{t^{2/3}} a_c.$$

За расчетную, самую опасную интенсивность ливня принимают такую, которая имеет продолжительность  $t$ , равную времени добегаания воды от наиболее удаленной точки бассейна  $l_6$  до водопропускного сооружения:  $t = l_6/v_{\text{доб}}$  (где  $v_{\text{доб}}$  — скорость течения воды, км/мин).

Расчетная интенсивность ливня

$$a_p = \left( \frac{60v_{\text{доб}}}{l_6} \right)^{2/3} a_c = K_T a_c.$$

Величина в скобках обозначается  $K_T$  и представляет собой безразмерный коэффициент перехода от интенсивности часового ливня к расчетной интенсивности. Величина  $K_T$  зависит от длины бассейна  $l_6$ , уклона бассейна  $i_6$  и от особенностей поверхности бассейна. Для обычных лесных задернованных поверхностей величина  $K_T$  приведена в табл. 6.3. Максимальное значение  $K_T$  составляет 5,24 и относится к ливню продолжительностью 5 мин и менее.

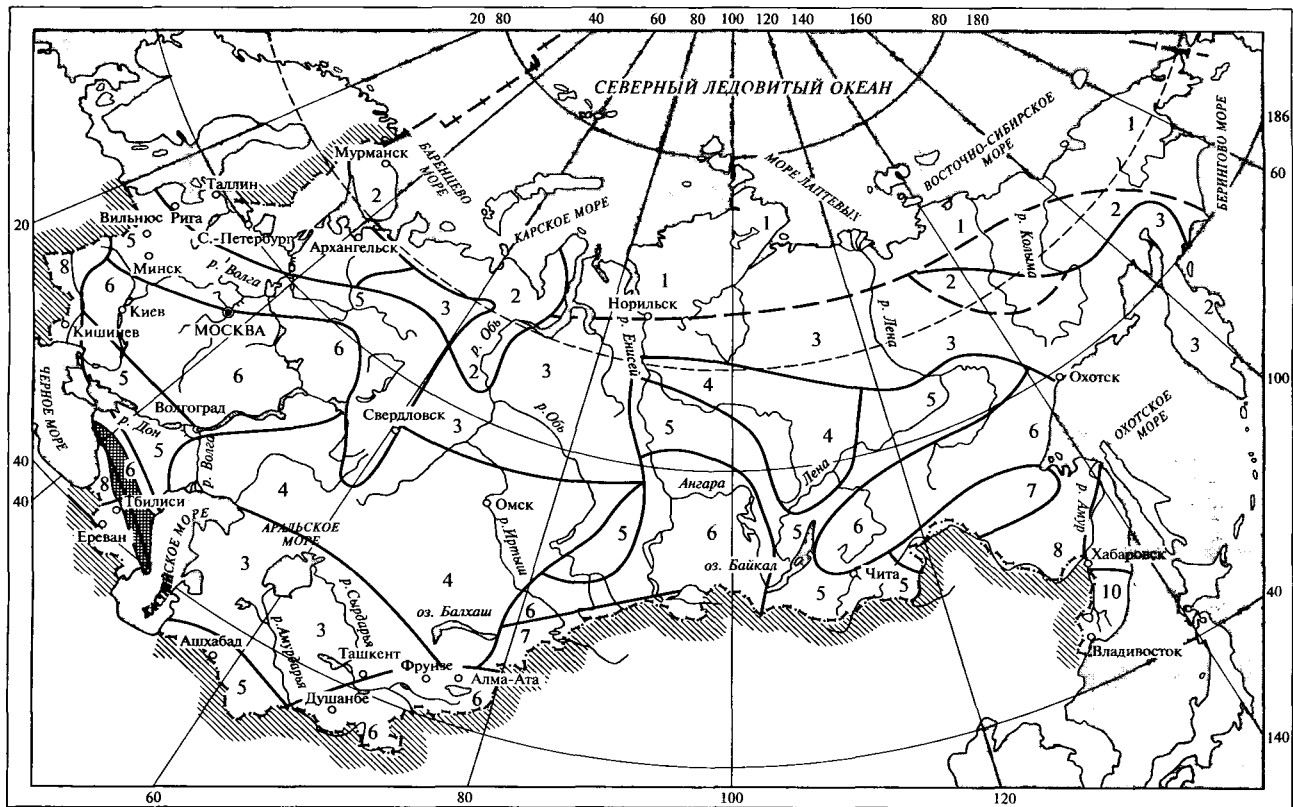


Рис. 6.1. Карта ливневых районов Российской Федерации и стран ближнего зарубежья (номера районов — см. табл. 6.2)

**Значение коэффициента  $K_T$  перехода к ливню расчетной интенсивности**

Длина бассейна, км	Уклон бассейна							
	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7
0,15	4,21	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24
0,30	2,57	3,86	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24
0,50	1,84	2,76	3,93	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24
0,75	1,41	2,08	2,97	4,50	5,05	5,24	5,24	5,24
1,00	1,16	1,71	2,53	3,74	4,18	4,50	4,90	5,18
1,25	1,00	1,49	2,20	3,24	3,60	3,90	4,23	4,46
1,50	0,88	1,30	1,93	2,82	3,15	3,40	3,70	3,90
2,0	0,73	1,07	1,59	2,35	2,64	2,85	3,09	3,27
3,0	0,56	0,82	1,21	1,79	2,00	2,16	2,34	2,49
5,0	0,40	0,58	0,86	1,27	1,42	1,54	1,67	1,82
7,0	0,32	0,47	0,69	1,02	1,14	1,23	1,33	1,45
10,0	0,25	0,37	0,54	0,80	0,90	0,97	1,05	1,14
15,0	0,19	0,28	0,41	0,61	0,68	0,74	0,80	0,87

С учетом полученного значения формула для определения значения ливневого стока  $Q_{л}$ , м<sup>3</sup>/с, будет иметь вид

$$Q_{л} = 16,7a_{ч}K_T F \alpha \varphi.$$

Объем полного ливневого стока представляет собой произведение слоя стока  $h_{л}$  на площадь водосбора  $F$ :

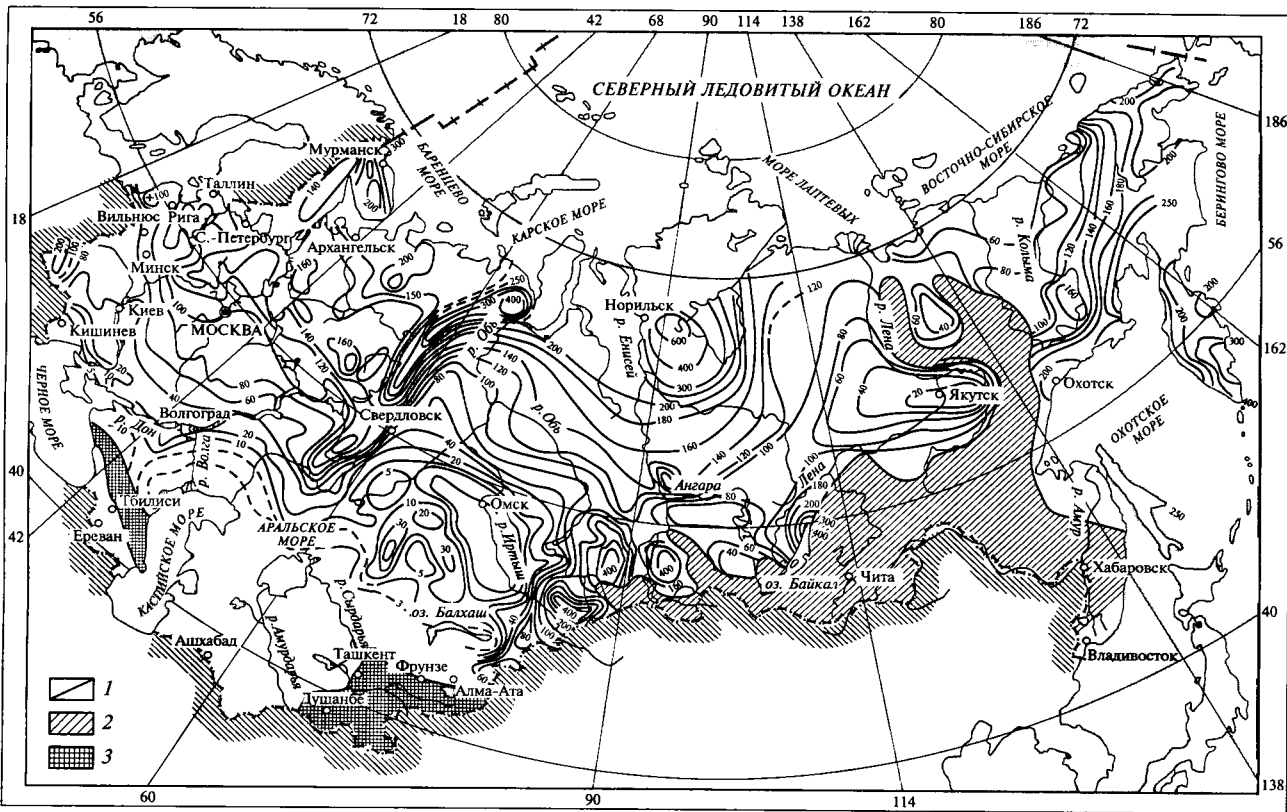
$$h_{л} = a_{рас} \alpha \varphi t_p = K_T a_{ч} \frac{l_6}{v_{доб}} \alpha \varphi,$$

откуда объем полного стока, м<sup>3</sup>:

$$W = 60\,000 a_{ч} \frac{F}{\sqrt{K_T}} \alpha \varphi.$$

В условиях появления полного стока, т. е. при  $K_T = 5,24$  (см. табл. 6.3), принимают  $\alpha = 1$  и  $\varphi = 1$ , т. е. при коротких бассейнах с небольшой площадью расход полного стока

$$Q_{п.с} = 87,5a_{ч} F \alpha.$$



- 1
- 2
- 3

60

90

114

138

Рис. 6.2. Карта многолетнего среднего стока талых вод (Российская Федерация и страны ближнего зарубежья):

1 — районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодья; 2 — районы, где расчетными являются максимальные дождевые паводки; 3 — горные районы, где весенние половодья не выделяются

**Определение расхода талых вод.** Расход талых вод  $Q_T$ , м<sup>3</sup>/с, определяют по редуцированной формуле государственного гидрогеологического института

$$Q_T = \frac{k_o h_p F}{(F + 1)^n} \delta_1 \delta_2,$$

где  $k_o$  — коэффициент дружности половодья ( $k_o = 0,01 \dots 0,06$  для лесотундровой и лесной зоны европейской части и Восточной Сибири;  $k_o = 0,013 \dots 0,010$  для Западной Сибири;  $k_o = 0,02$  для лесостепной зоны);  $h_p$  — расчетный слой суммарного стока, мм;  $n$  — показатель степени (для лесной зоны Кавказа и Западной Сибири  $n = 0,25$ ; для лесной зоны европейской части и Восточной Сибири  $n = 0,17$ );  $\delta_1$  — коэффициент, учитывающий наличие в бассейне озер,  $\delta_1 = 0,9$  при озерности 2...5 %;  $\delta_1 = 0,8$  при озерности 5...10 %;  $\delta_1 = 0,75$  при озерности 10...15 % и  $\delta_1 = 0,7$  при озерности более 15 %;  $\delta_2$  — коэффициент, учитывающий залесенность и заболоченность.

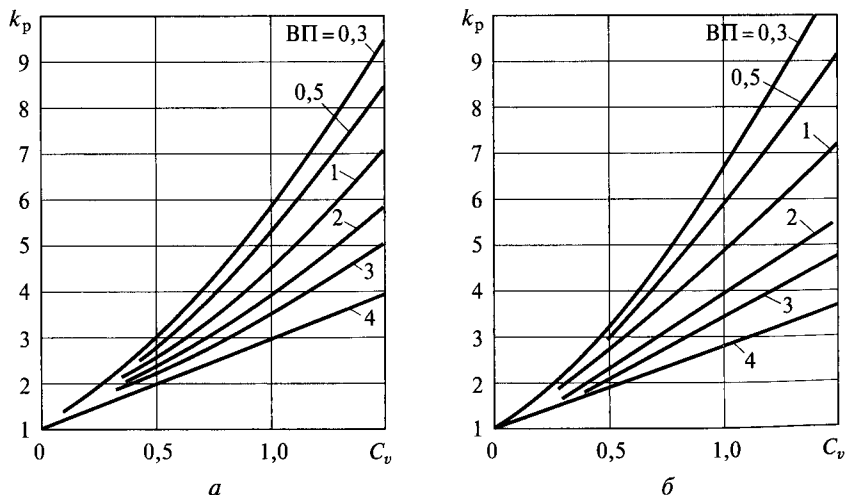


Рис. 6.3. Графики кривых модульных коэффициентов стока:

а — при  $C_s = 2C_p$ ; б — при  $C_s = 3C_p$

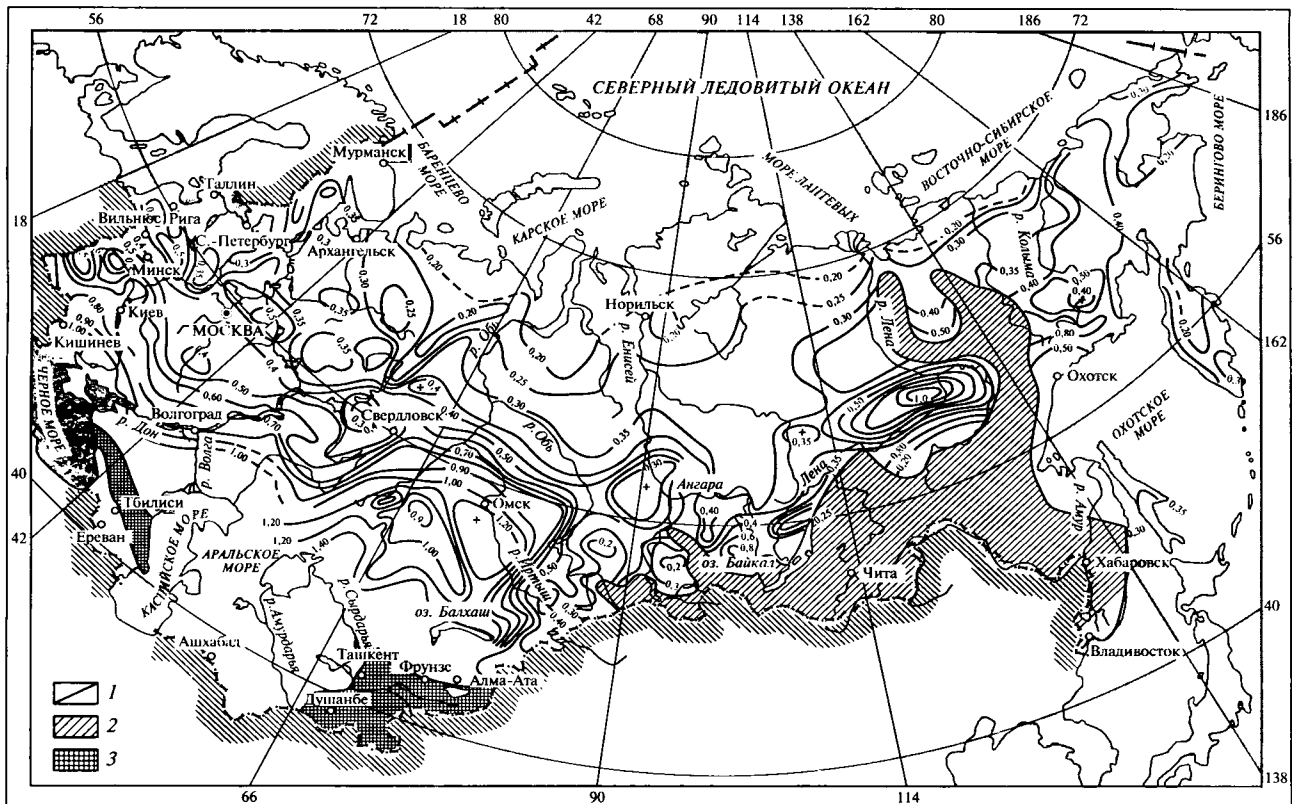


Рис. 6.4. Карта коэффициентов вариации слоя стока во время половодья (Российская Федерация и страны ближнего зарубежья):

1 — районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодья; 2 — районы, в которых расчетными являются максимальные расходы дождевых паводков; 3 — горные районы, в которых весеннее половодье не выделяется



Расчетный слой суммарного стока определяют по формуле

$$h_p = h_{cp} k_p,$$

где  $h_{cp}$  — средний многолетний слой стока, мм (определяемый по карте — рис. 6.2);  $k_p$  — модульный коэффициент.

Для бассейнов площадью менее 100 км<sup>2</sup> величину  $h_p$  принимают с коэффициентом 1,1 при холмистом рельефе и 0,9 при равнинном и на песчаных почвах.

Значение модульного коэффициента  $k_p$  определяют по графикам (рис. 6.3). Для этого необходимо знать коэффициент вариаций  $C_v$ , коэффициент асимметрии  $C_s$  и вероятность превышения расчетного расхода (ВП). Коэффициент вариации определяют по карте (рис. 6.4) и умножают на коэффициент, учитывающий потери стока от площади водосбора:

Площадь бассейна, км <sup>2</sup> .....	0... 50	51... 100	101... 150	151... 200
Коэффициент .....	1,25	1,20	1,15	1,05

Коэффициент асимметрии, учитывающий особенности ливней в различных регионах, принимают равным: для равнинных районов  $C_s = 2C_v$ ; для северо-запада и северо-востока страны  $C_s = (3... 4)C_v$ . Для определения коэффициента  $\delta_2$ , учитывающего залесенность и заболоченность бассейна, необходимо определить величину  $\beta$ , учитывающую отношение площади лесов и болот к общей площади бассейна, по следующей формуле:

$$\beta = 5 \frac{F_{л}}{F} + 10 \frac{F_{б}}{F} + 1,$$

где  $F_{л}$  и  $F_{б}$  — площади в бассейне, занятые соответственно лесом и болотами.

По значению  $\beta$  находят коэффициент  $\delta_2$ , учитывающий залесенность и заболоченность:

$\beta$ .....	1	2	3	4	5	6	7	8
$\delta_2$ .....	1	0,76	0,62	0,52	0,44	0,38	0,32	0,27

За расчетный расход воды  $Q_p$  принимаем большее из значений  $Q_{л}$  или  $Q_{т}$ .

**Определение расчетного расхода с учетом аккумуляции стока.** Для снижения стоимости водопропускного сооружения можно



уменьшить его отверстие. В этом случае через сооружение будет проходить только часть расхода  $Q_c$ , называемая *сбросным расходом*. Остальная часть стока будет накапливаться перед сооружением, образуя пруд, и протекать через сооружение после ливня. Это возможно только для пропуска ливневого стока и при условии, что пруд не вызовет затопления дороги, сооружений и т. п. Значение сбросного расхода,  $\text{м}^3/\text{с}$ :

$$Q_c = Q_l \left( 1 - \frac{W_{\text{пр}}}{0,7W} \right),$$

где  $W_{\text{пр}}$  — объем пруда,  $\text{м}^3$ ;  $W$  — объем полного стока,  $\text{м}^3$ .

Для лота треугольной формы с продольным уклоном  $l_l$  и поперечными уклонами  $1:m_1$  и  $1:m_2$  глубину пруда  $H_{\text{пр}}$ , м, определяют по формуле

$$W_{\text{пр}} = \frac{m_1 + m_2}{6j_l} H_{\text{пр}}^3.$$

За величину расчетного стока в этом случае принимается большее из значений  $Q_c$  или  $Q_r$ .

При выборе типа водопропускного сооружения предпочтение следует отдавать водопропускным трубам. Во-первых, при устройстве трубы над водопропускным сооружением не нарушается целостность покрытия, и проезд транспорта осуществляется без снижения скорости. Во-вторых, мосты более трудоемки и обходятся дороже. Однако через постоянные водотоки, особенно с ледоходом, следует проектировать только мосты. Мосты и трубы должны соответствовать требованиям СНиП 2.05.03—84.

**Размещение водопропускных сооружений на трассе дороги.** Водопропускные сооружения размещают на пересечениях с трассой дороги постоянных водотоков (рек, ручьев) и суходолов, в которых вода бывает весной в период таяния снега, а летом и осенью — во время ливней. В основном строят мосты и трубы. Для пропуска небольших расходов воды применяют фильтрующие насыпи из крупных камней и лотки. Лотки устраивают в пониженных местах продольного профиля при нулевых рабочих отметках. Вода переливается через дорогу, имеющую в этом месте каменную отсыпку, которая предохраняет дорогу от размыва.

Для того чтобы правильно наметить местоположение водопропускных сооружений, необходимо иметь план дороги в горизонталях и продольный профиль. На продольном профиле хорошо видны пониженные места, где надо разместить водопропускные сооружения. Однако размещение сооружений только по продоль-

ному профилю может привести к ошибке, так как пониженное место может быть седловиной.

Разместив водопропускные сооружения, устанавливают границы водосбора и определяют водосборные площади, длину и уклон бассейна (лога). Границами водосборных площадей являются водораздельные линии и проектируемая дорога.

## 6.2. Расчет водопропускных труб

На лесных дорогах применяют трубы круглого, прямоугольного и треугольного сечений. Они сооружаются из сборного и монолитного железобетона, дерева и камня, используют также стальные гофрированные трубы (рис. 6.5).

Различают три режима работы водопропускных труб: безнапорный, полунанпорный и напорный (рис. 6.5, в, г, д). При *безнапор-*

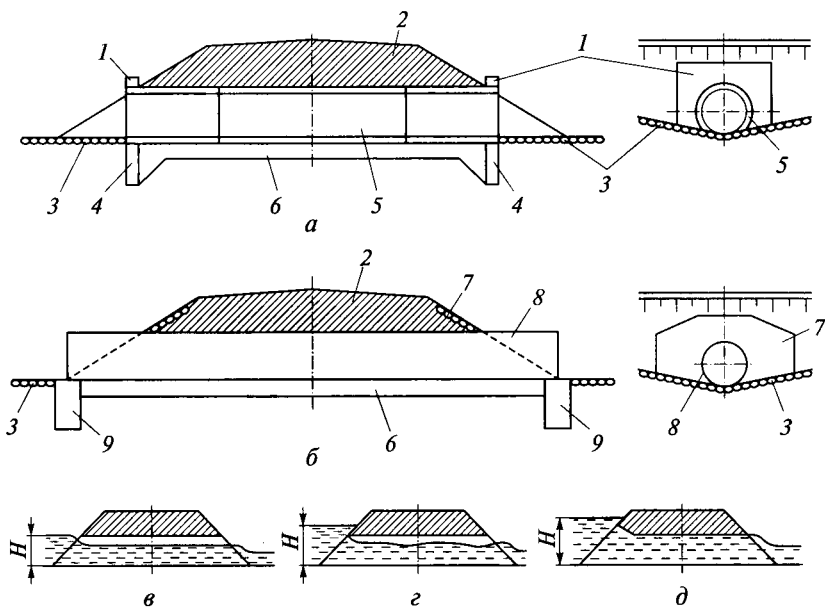


Рис. 6.5. Конструктивные и расчетные схемы водопропускных труб:

*a* — железобетонная труба из сборных элементов; *б* — металлическая труба; *в, г, д* — протекание потока через трубу круглого сечения соответственно при безнапорном, полунанпорном и напорном режимах; 1 — порталные оголовки; 2 — насыпь; 3 — укрепление русла водного потока каменным мощением; 4 — фундаменты оголовков; 5 — сборная железобетонная труба; 6 — подушки из щебня, гравия или гравелистого песка; 7 — укрепление откоса насыпи мощением; 8 — гофрированная металлическая труба; 9 — противодиффузионный экран; *H* — глубина на входе

ном режиме поток в трубе на всем своем протяжении имеет свободную поверхность. Глубина на входе  $H < 1,2h_b$ , где  $h_b$  — высота входного отверстия.

*Полунапорный режим* возникает в тех случаях, когда  $H > 1,2h_b$ . На входе труба работает полным сечением, а на всем остальном протяжении поток имеет свободную поверхность.

*Напорный режим* устанавливается при специальных входных оголовках обтекаемой формы. На большей части длины труба работает полным сечением,  $H > 1,4h_b$ . На лесных дорогах в основном проектируют трубы безнапорного режима, так как полунапорный и тем более напорный режимы требуют принятия конструктивных мер, обеспечивающих устойчивость трубы и земляного полотна против фильтрации воды и размыва.

Расчет труб заключается в определении их отверстия и длины. У круглых труб за отверстие принимают их внутренний диаметр. При расчете задаются диаметром трубы и определяют ее пропускную способность по формулам, известным из гидравлики:

безнапорных — по схеме водослива с широким порогом

$$Q = \varphi \omega_{ж.с} \sqrt{2g(H - h_c)};$$

полунапорных — по схеме истечения из-под щита

$$Q = \varphi \varepsilon \omega_T \sqrt{2g(H - h_{ж.с})};$$

напорных — по схеме внешнего насадка

$$Q = \varphi \omega_T \sqrt{2g(H - h_T - l_T(i_{тр} - i))},$$

где  $\varphi$  — коэффициент скорости для необтекаемых оголовков  $\varphi = 0,82 \dots 0,85$  и  $\varphi = 0,95$  для обтекаемого оголовка;  $\omega_{ж.с}$  — площадь живого сечения,  $m^2$ , определяемая из условия, что глубина в сжатом сечении равна  $h_c = 0,5H$ ;  $g$  — ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $H$  — напор воды (глубина) на входе, м;  $\varepsilon = \omega_{ж.с}/\omega_T$ ,  $\varepsilon = 0,6$ ;  $\omega_T$  — площадь сечения трубы,  $m^2$ ;  $h_{ж.с}$  — глубина воды в сжатом сечении при полунапорном режиме,  $h_{ж.с} = 0,6h_T$ , м;  $l_T$  — длина трубы, м;  $i_{тр}$  — уклон трения, доли единицы;  $i$  — продольный уклон трубы, доли единицы.

Уклон трения  $i_{тр}$  определяют по формулам

$$i_{тр} = Q_c^2/k_T^2; \quad k_T = (R_T^{0,67}\omega)/n; \quad R_T = \omega_T/\chi,$$

где  $R_T$  — гидравлический радиус трубы, м;  $n$  — коэффициент шероховатости (для бетона  $n = 0,017$ );  $\chi$  — смоченный периметр, м;  $Q_c$  — расход,  $m^3/c$ ;  $k_T$  — расходная характеристика трубы.

Определив пропускную способность трубы  $Q$ , сравнивают ее с расчетным расходом воды  $Q_p$ . Если разница между ними не превышает 10 %, то принятые размеры трубы принимают за расчетные. Если разница больше или меньше, то расчет повторяют при меньших или больших размерах отверстия трубы. На практике при проектировании круглых труб используют таблицы, с помощью которых по расчетному расходу воды устанавливают диаметр трубы, глубину воды (напор) перед трубой и скорость потока на выходе из трубы. При необходимости, если одна труба не обеспечивает пропуск расчетного расхода, может быть запроектирована двух- или трехчочковая труба.

Минимальную высоту насыпи для труб  $H_{\min}$ , м, определяют по формулам:

для безнапорных труб

$$H_{\min} = h_r + \delta + \Delta;$$

для полунапорных и напорных труб

$$H_{\min} = H + \Delta,$$

где  $\delta$  — толщина стенки трубы, м;  $\Delta$  — запас высоты над трубой (для безнапорных труб — 0,5 м, на УЖД — 1 м, для полунапорных и напорных — 1 м).

Портальные оголовки рекомендуется применять только у труб диаметром 0,5; 0,75; 1,0, м; у труб большего диаметра следует проектировать обтекаемые оголовки.

Расчет длины трубы  $L_{тр}$ , м, производят по формуле

$$L_{тр} = B_{з.п} + 2m(H_n - d_n) + 2a,$$

где  $B_{з.п}$  — ширина земляного полотна, м;  $m$  — коэффициент крутизны откосов насыпи;  $H_n$  — высота насыпи, м;  $d_n$  — наружный размер трубы, м;  $a$  — длина оголовка ( $a = 2,25$  м при диаметре трубы 1,0 м;  $a = 2,74$  м — при диаметре трубы 1,5 м;  $a = 3,36$  м — при диаметре трубы 2 м). Длину трубы округляют до значения, кратного длине звена трубы, и прибавляют по 0,01 м на каждый стык звеньев трубы.

### 6.3. Гидравлический расчет моста

На лесных дорогах в основном строят малые мосты длиной до 25 м, средние длиной 25...100 м и редко — большие мосты длиной более 100 м. Малые мосты в основном имеют балочную конструкцию. В зависимости от грунтовых условий опоры мостов могут быть свайные, рамно-лежневые и ряжевые. Там, где можно забить сваи,

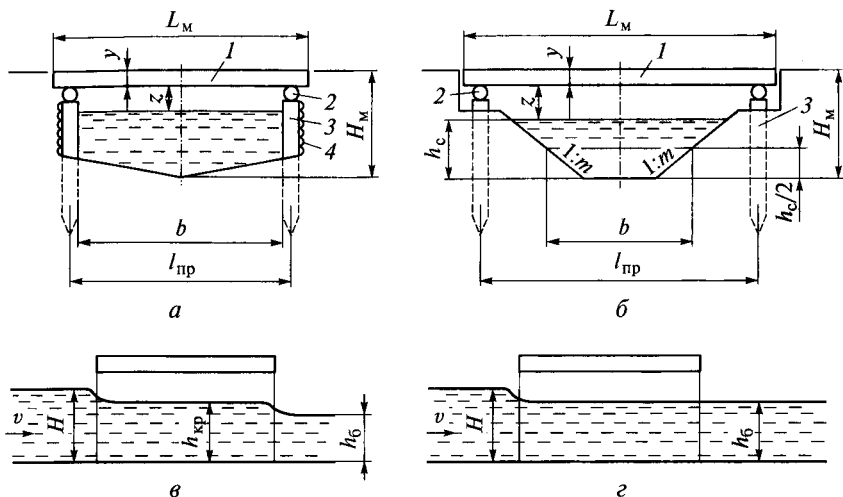


Рис. 6.6. Конструктивные и расчетные схемы малых деревянных балочных мостов:

*a* — мост с заборной стенкой; *б* — мост с конусами; *в* — протекание воды под мостом по схеме свободного истечения (незатопленный водослив); *г* — то же, по схеме несвободного истечения (затопленный водослив): *1* — пролетное строение; *2* — насадка; *3* — сваи; *4* — заборная стенка; *b* — размер отверстия моста;  $l_{пр}$  — пролет моста;  $L_m$  — длина моста;  $H_m$  — высота моста;  $H$  — напор воды перед мостом;  $h_{кр}$  — критическая глубина;  $h_6$  — бытовая глубина;  $h_c$  — глубина стока;  $z$  — просвет между уровнем воды под мостом и низом пролетного строения;  $y$  — конструктивная высота пролетного строения

предпочтение отдают свайным опорам. Материалом для малых мостов в основном служит древесина. Если древесину хорошо обработать антисептиком, то мост может служить до 50 лет.

По конструкции береговых опор мосты разделяют на мосты с заборными стенками (рис. 6.6, *a*) и мосты с конусами (рис. 6.6, *б*). Мосты могут быть однопролетными и многопролетными. Обычно пролет деревянного моста с одноярусными прогонами (балками) принимают не более 5,5 м, с двухъярусными прогонами — до 8,5 м. Нередко деревянные прогоны заменяют стальными прокатными профилями, и в этом случае пролет определяют прочностным расчетом.

Гидравлический расчет моста имеет целью определить отверстие моста  $b$ , его высоту  $H_m$  и длину  $L_m$ . Отверстие моста может быть рассчитано по схеме свободного истечения или по схеме затопленного водослива (рис. 6.6, *в*, *г*). Для выбора расчетной схемы сначала необходимо определить бытовую глубину потока  $h_6$  при расчетном расходе и критическую глубину  $h_{кр}$ , зависящую от вида укрепления русла.

*Бытовую глубину* определяют методом подбора. Для этого задаются глубиной потока, определяют площадь  $\omega$  живого сечения и вычисляют скорость течения, м/с, по формуле Шези:

$$v_6 = C_6 \sqrt{R_6 i_{\text{л}}},$$

где  $R_6$  — гидравлический радиус потока в бытовых условиях, м;  $R_6 = \omega/p$ ;  $p$  — смоченный периметр, м;  $i_{\text{л}}$  — уклон лога в месте перехода, ‰;  $C_6$  — скоростной множитель,  $\sqrt{\text{м}/\text{с}^2}$ ,  $C_6 = R_6^y/n$ ;  $n$  — коэффициент шероховатости (для обычных естественных земляных русел  $n = 0,04$ ; извилистых и заросших —  $n = 0,055 \dots 0,067$ );  $y$  — показатель степени (при  $R_6 \leq 1,0$  м  $y = 1,5\sqrt{n}$ , а при  $R_6 \geq 1,0$  м  $y = 1,3\sqrt{n}$ ).

Далее вычисляют бытовой расход по формуле

$$Q_6^1 = \omega^1 v_6 = \omega^1 C_6^1 \sqrt{R_6 i_{\text{л}}}.$$

Разница между  $Q_6^1$  и  $Q_p$  не должна превышать 10 %. В противном случае задаются другой глубиной потока.

*Критическую глубину* вычисляют по формуле

$$h_{\text{кр}} = v_c^2/g,$$

где  $v_c$  — скорость течения воды в сооружении, зависящая от вида укрепления русла, м/с (табл. 6.4).

Если  $h_6 < 1,3h_{\text{кр}}$ , то расчет отверстия моста ведут по схеме свободного истечения, если же  $h_6 \geq 1,3h_{\text{кр}}$ , то рассчитывают по схеме затопленного водослива. Далее рассчитывают *напор воды перед сооружением  $H$  и отверстие моста  $b$* :

для свободного истечения

$$H = 1,4v_c^2/g,$$

$$b = Q_p / \left(1,33\sqrt{H^3}\right);$$

для несвободного истечения

$$H = h_6 + v_c^2/(2g\varphi^2);$$

$$b = Q_p/(h_6 v_c).$$

Минимальную высоту моста  $H_m$  определяют по формуле

$$H_m = 0,88H + z + y,$$

где  $H$  — напор воды перед мостом, м;  $z$  — просвет между уровнем воды под мостом и низом пролетного строения ( $z \geq 0,25$  м);  $y$  —

Допускаемые скорости течения воды, м/с

Тип укрепления	Средняя глубина потока, м			
	0,2...0,5	1,0	2,0	3,0
Без укрепления: супесь суглинок	0,3	0,4	0,45	0,5
	0,7	0,85	0,95	1,1
Одерновка: плащмя в стенку	0,9	1,1	0,95	1,1
	1,5	1,8	1,3	1,4
Каменная наброска булыжника с галькой	2,0	2,4	2,8	3,1
Грунты, укрепленные битумом	2,3	2,7	3,0	3,3
Одиночное мощение на щебне	2,5	3,0	3,5	4,0
Двойное мощение	3,5	4,5	5,0	5,5
Бетон класса В20	6,0	7,0	8,0	9,0

конструктивная высота пролетного строения пролетного строения,  $y = 0,3...0,5$  м и более.

Длину моста определяют по формулам:

при опорах с заборными стенками (см. рис. 6.6, а)

$$L_m = \sum l_{пр} + 2q,$$

где  $\sum l_{пр}$  — сумма пролетов моста, м;  $q$  — строительный размер ( $q = 0,25...0,5$  м);

при береговых опорах с конусами (см. рис. 6.6, б)

$$L_m = b + \sum d + 2m(H_m - 0,5h_c) + 2q_1,$$

где  $b$  — отверстие моста, м;  $\sum d$  — суммарная ширина промежуточных опор, м;  $m$  — коэффициент крутизны откосов конусов;  $q_1$  — строительный размер ( $q_1 = 0,5...0,7$  м — для деревянных мостов;  $q_1 = 0,32...0,5$  — для железобетонных мостов).

**Укрепление русел водопропускных сооружений.** Необходимость укрепления русел малых водопропускных сооружений на входных и выходных участках вызывается повышенными скоростями водных потоков. Особенно подвержены размыву грунты на выходе воды из сооружения, где скорость потока достигает 5...6 м/с.

Наиболее простой и часто применяемый способ укрепления русла — это каменная наброска из булыжника с галькой. В совре-

менных условиях для этой цели используют бетонные плитки размерами  $40 \times 40$ ,  $50 \times 50$  см.

У труб укрепляют участки русла перед входным и за выходным оголовками. Общая площадь укрепления русла для одной трубы составляет

$$F_{\text{укр}} = b_{\text{вх}} l_{\text{вх}} + b_{\text{вых}} l_{\text{вых}},$$

где  $b_{\text{вх}}$  и  $l_{\text{вх}}$  — длина и ширина площади укрепления русла у входного оголовка (для труб диаметром 1...2 м  $b_{\text{вх}} = 6,6...9,3$  м,  $l_{\text{вх}} = 2,0...3,5$  м);  $b_{\text{вых}}$  и  $l_{\text{вых}}$  — то же, у выходного оголовка ( $b_{\text{вых}} = 7...10,5$  м,  $l_{\text{вых}} = 4...6,5$  м).

У входного оголовка трубы укрепляют и откос насыпи на высоту  $h_{\text{вх}} + 0,5$  м ( $h_{\text{вх}}$  — высота входного оголовка, м). У мостов в пределах подтопления укрепляют конуса и откосы насыпей, прилегающие к конусам, на длину 2...3 м и более.

## 6.4. Расчет продольного водоотвода

*Боковые каналы* устраивают вдоль насыпей высотой до 1 м. В выемках делают кюветы. Поперечный профиль каналов и кюветов может быть трапециевидальный или треугольный. Если грунты глинистые или пылеватые, то каналы и кюветы делают трапециевидальные. Треугольные каналы устраивают, если дорога проходит по дренирующим грунтам, глубина их на гравелистых песках и гравии — 0,3 м, на песках, супесях — 0,5 м.

Глубина трапециевидальных каналов в насыпях — 0,6 м, в выемках — 0,8 м. Ширина каналов по низу — 0,4 м. Крутизна откосов каналов составляет 1:3 или 1:1,5. Продольный уклон каналов и кюветов должен быть не менее 5‰, при меньшем уклоне они заиливаются. При уклоне 5...10‰ каналы и кюветы не укрепляют, при уклоне 10...30‰ дно и откосы укрепляют одерновкой или засевом трав, при уклоне 30...50‰ дно и откосы укрепляют мощением камнем или бетонными плитками, а при уклоне более 50‰ устраивают перепады.

*Нагорные каналы* служат для сбора поверхностной воды, притекающей с нагорной стороны. Их размеры устанавливаются расчетом. *Водоотводные каналы* устраивают для отвода воды в сторону от земляного полотна в пониженное место или испарительный бассейн. *Боковые резервы* для эффективного водоотвода должны иметь уклон в сторону от земляного полотна 20‰ и продольный уклон не менее 5‰.

Чтобы каналы и кюветы не переполнялись водой, ее сбрасывают в сторону не более чем через 500 м при трапециевидальном сечении каналов и через 200 м при треугольном сечении. Если от-



вести воду в сторону от дороги невозможно, то ее пропускают через земляное полотно, сооружая водопропускные трубы или мосты.

*Дренажи* служат для понижения уровня грунтовых вод, сбора и отвода их и представляют собой траншею, располагаемую обычно под канавами или кюветами. На дно траншеи укладывают керамические или бетонные трубы, в стенках которых для приема воды имеются небольшие отверстия. Вместо труб могут быть использованы камни.

*Дамбы* предназначены для защиты дорожных сооружений от затопления и размыва во время половодья и представляют собой земляные или каменные валы. Для предотвращения размыва водой земляные дамбы со стороны водного потока укрепляют железобетонными плитами, каменным мощением или каменной наброской.

**Расчет канав.** Расчет заключается в определении размеров поперечного сечения канав. Расчет начинают с определения площади водосбора. Площадь водосбора разделяют на несколько участков (рис. 6.7, а). Это дает возможность запроектировать размеры канавы в соответствии с расходом воды. Для каждого участка задают размеры канавы и вычисляют расход воды  $Q$  и сравнивают его с расчетным расходом  $Q_1$ . Различие допускается в пределах 10%. Если эта разница больше, то расчет повторяют, уменьшив или увеличив размеры канавы. Расчеты ведут по формуле Шези (с учетом формулы (6.6)):

$$Q = \omega c \sqrt{Ri}.$$

Площадь живого сечения трапециевидальной канавы

$$\omega = bh_1 + mh_1^2,$$

где  $b$  — ширина канавы по дну, м;  $h_1$  — глубина воды в канаве, равная  $h_1 = h - h_3$ , здесь  $h_3 = 0,1$  м — запас по глубине, чтобы не допустить переполнение канавы;  $m$  — коэффициент крутизны откоса канавы.

Гидравлический радиус  $R = \omega/p$ , где  $p$  — смоченный периметр, м,  $p = b + 2\sqrt{h_1^2 + (mh_1)^2}$ .

Продольный уклон канавы  $i = (H_n - H_k)/L$ , где  $H_n$  и  $H_k$  — начальная и конечная отметки участка канавы, м;  $L$  — длина участка, м.

*Перепады* устраивают при продольном уклоне канав и кюветов более 50%. Дну канав придают ступенчатый профиль (рис. 6.7, з). Устраивают ступени (перепады) из железобетонных элементов, кражей, отрезков горбылей, плетней, камней. При

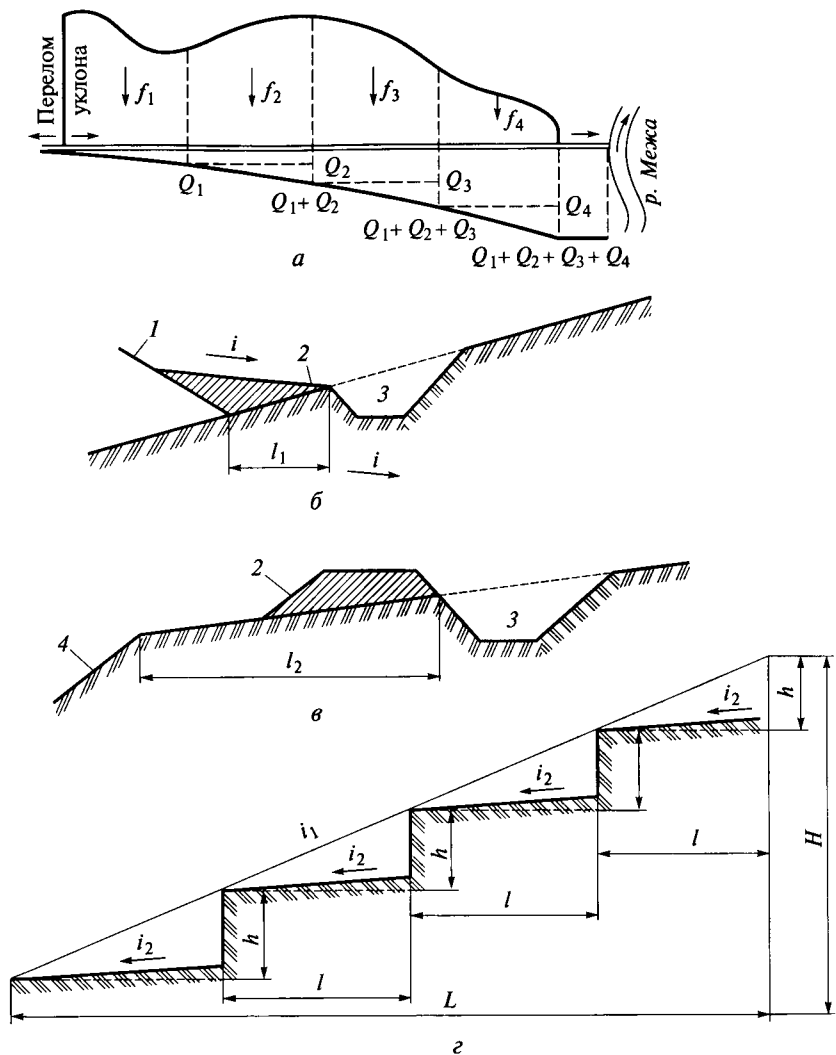


Рис. 6.7. Расчетные схемы для проектирования нагорных канав и перепадов: *a* — определение расчетных расходов для участков нагорной канавы; *б* — размещение боковой канавы насыпи, выполняющей роль нагорной канавы; *в* — нагорная канава выемки; *г* — ступенчатый продольный профиль канавы;  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$  — расчетные расходы воды по участкам нагорной канавы; 1 — откос насыпи; 2 — банкет; 3 — нагорная канава; 4 — откос выемки;  $i$  — уклон поверхности банкета,  $i = 20\%$ ;  $l_1$  — расстояние от подошвы насыпи до бровки канавы,  $l_1 \geq 2$  м;  $l_2$  — расстояние от подошвы насыпи до бровки выемки,  $l_2 \geq 5$  м

высоте перепада более 0,2 м участок ступени после перепада на длину 1...1,2 м укрепляют щебнем, бетонными плитками, мощением камнем.

Расчет канавы с перепадами состоит в определении числа перепадов (ступеней)  $n$  и длины ступени  $l$ . Расчет ведут по формулам

$$n = L(i_1 - i_2)/h; \quad l = L/n, \quad (6.17)$$

где  $L$  — длина канавы с перепадами, м;  $i_1$  — продольный уклон канавы, доли единицы;  $i_2$  — уклон ступени перепада,  $i_2 = 0,02 \dots 0,025$ ;  $h$  — высота ступени, м;  $l$  — длина ступени, м.

**Расчет дренажа.** Для понижения уровня грунтовых вод при устройстве различных площадок и строительстве лесовозных дорог целесообразно применять дренажи. При устройстве площадок обычно устраивают закрытые дренажи, а при строительстве дорог — открытые (рис. 6.8, а). Дренажные канавы рекомендуется прокладывать на расстоянии не ближе 2 м от подошвы насыпи. При устройстве несовершенного дренажа (глубина залегания водоупора больше, чем глубина канавы) дренаж закладывают с обеих сторон дороги. Устройство дренажа вызовет понижение уровня грунтовых вод (УГВ) в виде кривой депрессии (рис. 6.8, б). Кривая депрессии представляет собой параболу второй степени

$$y = H\sqrt{x/R},$$

где  $H$  — понижение УГВ у канавы, м;  $R$  — радиус действия дрены, м,  $R = H/\operatorname{tg} \alpha$ , где  $\alpha$  — угол депрессии, т.е. угол наклона хорды, стягивающей концы кривой депрессии. Зная расстояние между дренами  $L$  и принимая  $x = 0,5L$ , получим

$$s = H \left( 1 - \sqrt{L/(2R)} \right),$$

где  $s$  — значение понижения УГВ на оси дороги, м.

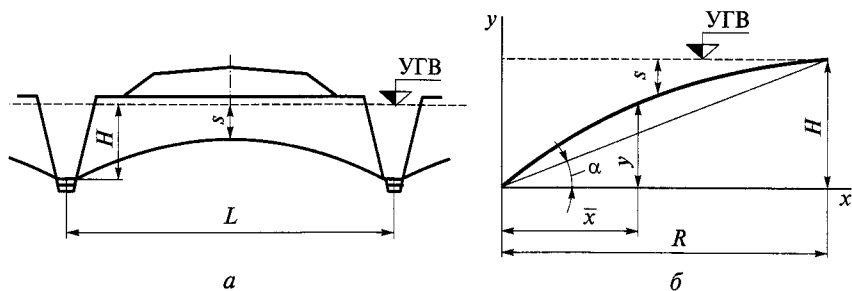


Рис. 6.8. Схема для расчета дренажа:

а — схема расчета глубины осушительной канавы; б — кривая депрессии;  $H$  — понижение УГВ у канавы (дрены);  $L$  — расстояние между дренами;  $s$  — понижение УГВ на оси дороги;  $x, y$  — координаты кривой депрессии;  $\alpha$  — угол кривой депрессии;  $R$  — радиус действия дрены

**Значения тангенсов углов депрессии и коэффициента фильтрации грунтов**

Вид грунта	Тангенс угла депрессии $\alpha$	Коэффициент фильтрации $k$
Торф	10... 70	$10^{-3} \dots 10^{-4}$
Глина	50... 100	$10^{-7}$
Суглинок	25... 50	$10^{-5} \dots 10^{-7}$
Супесь	10... 25	$10^{-4} \dots 10^{-5}$

Задавая необходимое значение  $s$ , получим

$$\left(\frac{s}{H}\right)^2 - 2\left(\frac{L \operatorname{tg}\alpha}{2s}\right)\frac{s}{H} + 1 = 0.$$

Решая полученное уравнение, можно определить необходимую глубину канавы.

При проектировании закрытого дренажа диаметр трубы находят из равенства количества притекающей воды и расхода трубы

$$khi_{\text{в.сл}}l = 24d^{8/3}\sqrt{i_{\text{др}}},$$

где  $k$  — коэффициент фильтрации грунта, определяемый по табл. 6.5;  $h$  — глубина воды в слое, м;  $i_{\text{в.сл}}$  — уклон водоносного слоя, доли единицы;  $l$  — длина дрены, м;  $d$  — диаметр трубы, м;  $i_{\text{др}}$  — уклон дрены, отн. ед.

Значение необходимого уклона  $i_{\text{др}}$  определяют, задаваясь скоростью течения воды в трубе, по формуле

$$i_{\text{др}} = v_{\text{доп}}^2 / (30,4^2 d^{4/3}) = v_{\text{доп}}^2 / (924d^{4/3}).$$

Ориентировочные значения тангенса угла депрессии и коэффициента фильтрации можно принять по табл. 6.5.

### Контрольные вопросы

1. Что входит в систему водоотвода?
2. Как определяют ливневый расход воды?
3. Как определяют расход талых вод?
4. Какие существуют режимы работы водопропускных труб?
5. Как определяют пропускную способность труб?
6. В чем заключается гидравлический расчет моста?
7. Что входит в состав продольного водоотвода?
8. Как рассчитать размер канавы?
9. Как рассчитать дренаж?

## ОБОСНОВАНИЕ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

### 7.1. Нормы проектирования лесовозных дорог

Нормы проектирования представляют собой свод допускаемых значений параметров основных элементов дороги, технических условий и требований, обеспечивающих безопасное движение транспортных средств. Нормы проектирования дорог различного назначения построены на классификации дорог по объему перевозок или по интенсивности движения. Лесовозные дороги проектируют согласно СНиП 2.05.07—91. Эффективность работы лесовозного транспорта зависит от правильного установления основных параметров дороги, к которым относят расчетную скорость движения, расчетное расстояние видимости, расчетную нагрузку и число полос движения, расчетные нагрузки на ось автомобиля и прицепного состава, пропускную способность дороги.

*Расчетная скорость движения* — максимальная безопасная скорость движения транспортных средств, обеспечиваемая на всех участках проектируемой дороги. Это важнейший параметр, от которого зависят все остальные параметры дороги и эффективность работы транспортных средств.

*Расчетным расстоянием видимости* поверхности дороги называют минимально необходимое расстояние, на котором водитель должен видеть перед собой дорогу, чтобы иметь возможность предотвратить наезд на препятствие.

Расчетное расстояние видимости  $S_v$  определяют по формуле

$$S_v = S_n + S_T + S_p, \quad (7.1)$$

где  $S_n$  — путь, проходимый автомобилем за время реакции водителя и срабатывания тормозов, м;  $S_T$  — тормозной путь, м, определяемый по формуле (4.90);  $S_p$  — запас расстояния с учетом неточности остановки,  $S_p = 8 \dots 12$  м.

Расчетное расстояние видимости встречного автомобиля принимается в два раза больше.

*Расчетные нагрузки на ось автомобиля и прицепного состава* определяют по расчетному автомобилю. На лесовозных дорогах расчетным является автомобиль группы А с допускаемой нагрузкой на ось 100 кН.

*Пропускная способность дороги* — число поездов или автомобилей, которое может проследовать по участку дороги в одном направлении за единицу времени. На лесовозных дорогах интенсивность движения принято измерять числом пар поездов, которое может быть пропущено по дороге за один час. Пропускная способность двухполосной лесовозной дороги обеспечивает годовой грузооборот в несколько миллионов кубических метров в год. Пропускная способность однополосной дороги зависит от пропускной способности самого трудного перегона (расстояния между разъездами). Пропускная способность однополосной дороги  $N_{\text{од}}$  зависит от времени занятия перегона одной парой поездов, т. е. от скоростей движения грузового и порожнякового направлений с учетом времени ожидания и времени на разгон и замедление при остановке:

$$N_{\text{од}} = \frac{1}{T_3} = \frac{1}{t_{\text{гр}} + t_{\text{негр}} + \tau_{\text{ож}} + \tau_{\text{р.з}}} = \frac{v_{\text{ср}}}{2l + v_{\text{ср}}t_{\text{пр}}}, \quad (7.2)$$

где  $T_3$  — время занятия перегона одной парой поездов, ч;  $t_{\text{гр}}$  и  $t_{\text{негр}}$  — время хода поезда в грузовом и негрузовом направлениях, ч;  $\tau_{\text{ож}}$  — время ожидания встречного поезда на разъезде, ч;  $\tau_{\text{р.з}}$  — затраты времени на разгон и замедление при остановке на разъезде, ч;  $v_{\text{ср}}$  — средняя скорость движения, км/ч;  $l$  — расстояние между разъездами, км;  $t_{\text{пр}}$  — время, затрачиваемое на простои при разъезде с учетом затрат времени на разгон и замедление.

В зависимости от местных топографических, инженерно-геологических, гидрогеологических, планировочных условий надлежит применять основные и допускаемые в трудных и особо трудных условиях нормы проектирования. Степень трудности проектирования принимают согласно данным табл. 7.1.

Нормы проектирования автомобильных лесовозных дорог приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.1

**Степень трудности условий проектирования по СНиП 2.05.07—91**

Местные условия	Характеристика местных условий	
	Трудные	Особо трудные
Топографические	Пересеченный и горный рельеф с разницей отметок долин и водоразделов свыше 50 м на расстоянии не более 500 м; наличие глубоких балок с изрезанными недостаточно устойчивыми откосами	Участки перевалов через горные хребты; участки горных ущелий со сложными, сильно изрезанными или неустойчивыми склонами

Местные условия	Характеристика местных условий	
	Трудные	Особо трудные
Инженерно-геологические и гидрогеологические	Инженерно-геологические и гидрогеологические условия при применении основных норм проектирования вызывают увеличение объемов работ или стоимости строительства	
	От 20 до 60 %	Свыше 60 %

Таблица 7.2

### Нормы проектирования автомобильных лесовозных дорог

Показатель	Нормы проектирования					
	Для магистралей категорий				Для веток	Для усов
	I-в	II-в	III-в	IV-в		
Расчетные скорости, км/ч:						
основные	70	60	50	40	30	20
в трудных условиях	60	50	40	30	20	15
в особо трудных условиях	40	40	30	20	15	10
Число полос движения	2	2	2	1	1	1
Ширина проезжей части, м:						
основные нормы	7,5/8,0	7,0/7,5	6,0/6,5	4,5/4,5	3,5	3,5
в трудных условиях	7,5	7,5	6,5	3,5	3,5	3,5
в особо трудных условиях	7,5	7,0	3,5	3,5	3,5	3,5
Ширина обочин (основные нормы), м	1,5/2,0	1,5/1,5	1,5/1,0	1,0/1,0	1,0	0,5
Наименьшие рекомендуемые радиусы кривых в плане, м	600	600	600	150	150	150
Минимальный радиус кривых в плане, м:						
основные нормы	200	125	100	60	50	30
в трудных условиях	125	100	60	50	40	30
в особо трудных условиях	60	60	50	40	40	30

Показатель	Нормы проектирования					
	Для магистралей категорий				Для веток	Для усов
	I-в	II-в	III-в	IV-в		
Расчетное расстояние видимости, м: основные нормы	150	150	150	75	75	75
	125	100	75	50	30	25
	75	75	50	30	25	20
Руководящий уклон, ‰: основные нормы	30	30	30	40	Как на магистрали	
	50	50	50	60		
	80	80	80	90		
Наименьшие радиусы выпуклых вертикальных кривых, м: основные нормы	5 000	5 000	2 500	1 000	600	250
	4 000	2 500	1 200	600	250	150
	1 200	1 200	600	250	150	100
Наименьшие радиусы вогнутых вертикальных кривых, м: основные нормы	2 000	2 000	2 000	800	600	250
	1 500	1 200	1 000	600	250	150
	1 000	1 000	600	250	150	100

Примечания: 1. В числителе условной дроби приведены данные для внутриплощадочных дорог, в знаменателе — для межплощадочных.

2. При применении уширенных коников (с габаритом более 2,75 м) ширину земляного полотна и проезжей части двухполосных дорог следует увеличивать на 0,5 м при габарите коника до 3,3 м и на 1,0 м — при габарите коника 3,4... 3,8 м.

3. На однополосных дорогах следует предусматривать разъезды шириной, равной двухполосной дороге, длиной не менее 30 м на расстоянии видимости, но не более 500 м. Участки перехода от однополосной проезжей части к площадке для разъезда должны быть не менее 10 м.



## 7.2. Проектирование плана лесовозных автомобильных дорог

Дорога в плане представляет собой сочетание прямых и кривых (см. рис. 3.1). Процесс движения автомобиля по кривой складывается из въезда на кривую, движения по кривой и съезда с нее. При движении автопоезда по кривой на него действует центробежная сила, стремящаяся сдвинуть его во внешнюю сторону кривой. Для обеспечения безопасности движения на кривых малых радиусов необходимо предусмотреть устройство виража для предотвращения поперечного скольжения или опрокидывания; уширение проезжей части и земляного полотна для геометрического вписывания автопоездов в пределах полосы движения; устройство переходных кривых для сопряжения круговых кривых и прямых участков; уменьшение величины предельных уклонов.

*Виражом* называется участок дороги на кривой, имеющий одностатный поперечный профиль с уклоном  $\alpha$  внутрь кривой. При движении по кривой со скоростью  $v$  возникает центробежная сила  $C = Qv^2/R$ , где  $Q$  — масса автомобиля;  $R$  — радиус кривой. Сила  $Y$ , сдвигающая автопоезд (рис. 7.1, а), равна  $Y = C \cos \alpha \pm Qg \sin \alpha$ ; принимая  $\cos \alpha \cong 1$  и для малых углов  $\sin \alpha \cong \text{tg } \alpha = i_{\text{п}}$  ( $i_{\text{п}}$  — поперечный уклон), можно записать

$$Y = Q \left( \frac{v^2}{R} \pm i_{\text{п}} g \right),$$

где  $g$  — ускорение свободного падения.

Отношение

$$\mu = \frac{Y}{gQ} = \frac{v^2}{gR} \pm i_{\text{п}} \quad (7.3)$$

называют *коэффициентом поперечной силы*.

Из формулы (7.3) получаем

$$i_{\text{в}} = \frac{v_{\text{р}}^2}{gR} - \mu, \quad (7.4)$$

где  $i_{\text{в}}$  — уклон виража, отн. ед.;  $v$  — расчетная скорость движения, км/ч.

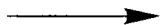
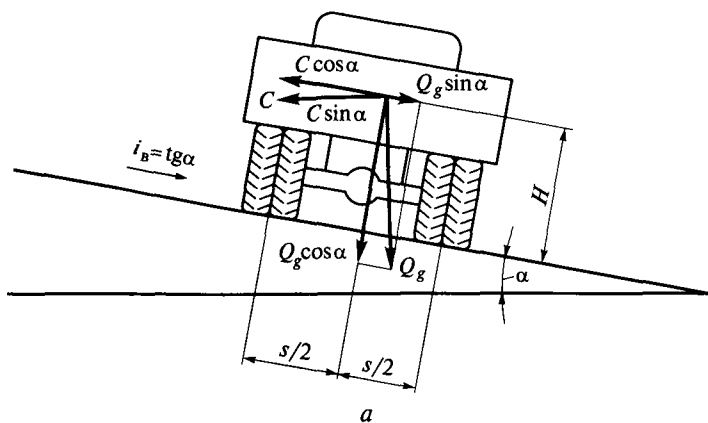


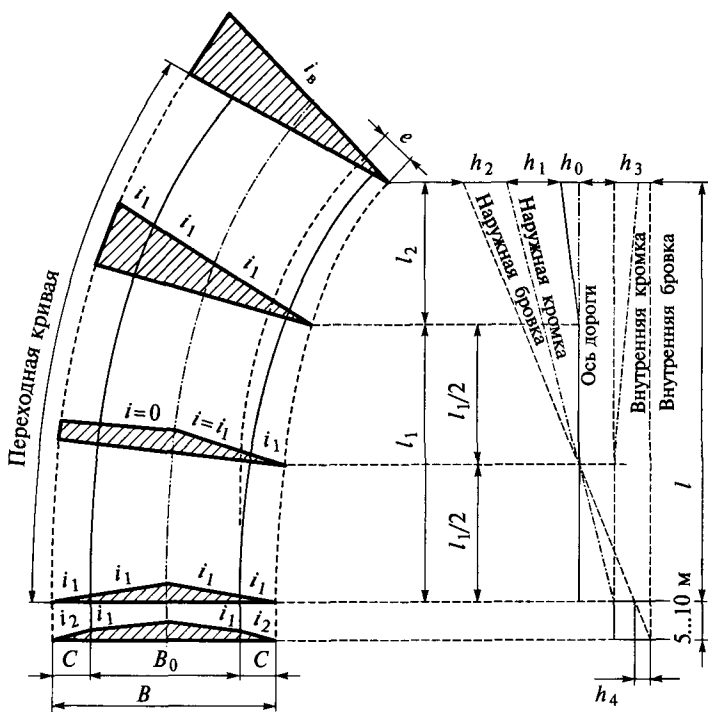
Рис. 7.1. Вираз:

$a$  — расчетная схема для определения уклона виража;  $b$  — схема разбивки и

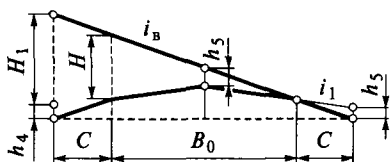
устройства виража;  $l = \frac{B_0 i_{\text{в}}}{i_{\text{отг}}}$ ;  $l_1 = \frac{B_0 i_1}{i_{\text{отг}}}$ ;  $l_2 = \frac{B_0 (i_{\text{в}} - i_1)}{i_{\text{отг}}}$ ;  $h_0 = \frac{B_0 (i_{\text{в}} - i_1)}{2}$ ;  $h_1 = \frac{B_0 i_{\text{в}}}{2}$ ;  
 $h_2 = C_1 i_{\text{в}}$ ;  $h_3 = e i_{\text{в}}$ ;  $h_4 = h_5 = C (i_{\text{в}} - i_1)$ ;  $H_1 = B i_{\text{в}} + C i_1$ ;  $H = B_0 i_{\text{в}}$



а



б



Согласно СНиП 2.05.07—91 на лесовозных дорогах принимают  $\mu = 0,12 \dots 0,15$ . Если вираж не устраивать, то из формулы (7.4) можно найти величину  $R_{\min}$  минимального радиуса, при котором будет обеспечена устойчивость автопоезда

$$R_{\min} = \frac{v^2}{g(\mu - i_n)}, \quad (7.5)$$

где  $i_n$  — поперечный уклон проезжей части, отн. ед.

Для обеспечения устойчивости автомобиля, остановившегося на вираже, уклон виража не должен быть более 60 ‰. Если уклон виража по расчету требуется больше 60 ‰, необходимо увеличить радиус или снизить расчетную скорость движения в соответствии с формулой (7.5).

Переход от двухскатного профиля к односкатному проектируют на переходной кривой, а при отсутствии ее — на прилегающем к круговой кривой прямом участке длиной 5...10 м постепенным вращением внешней половины проезжей части с обочинной сначала вокруг оси дороги до достижения уклона проезжей части на прямой, а затем вокруг внутренней кромки проезжей части до расчетного значения уклона виража (рис. 7.1, б). Участок, на котором двухскатный профиль плавно переходит к односкатному, называют *участком отгона виража*. На этом участке возникает дополнительный продольный уклон внешней половины проезжей части, называемый *уклоном отгона виража*, значение которого принимают равным 10 ‰ (в горной местности — 20 ‰).

Для того чтобы обеспечить плавный переход автомобиля с прямой на круговую кривую, устраивают *переходные кривые* с переменным радиусом от бесконечно большого радиуса до радиуса круговой кривой (рис. 7.2). Математически это условие выражается уравнением  $1/\rho = s/C$ , где  $\rho$  — переменное значение радиуса кривой;  $s$  — текущая длина кривой;  $C$  — параметр кривой. Известно, что  $\rho = ds/d\phi$ , где  $\phi$  — полярный угол. Подставив значение  $\rho$ , получим  $s ds = C d\phi$ ; интегрируя, находим

$$s = \sqrt{2C\phi}. \quad (7.6)$$

Это уравнение клотоиды в полярных координатах. При текущей длине кривой  $s$ , равной длине переходной кривой  $L$ ,  $\rho$  равно радиусу круговой кривой  $R$ . При этом  $1/R = L/C$ , откуда  $C = RL$ . В декартовых координатах уравнение кривой будет

$$x = s - \frac{s^5}{40C^2} + \frac{s^9}{3 \cdot 456C^4} - \dots; \quad y = \frac{s^3}{6C} - \frac{s^7}{336C^3} + \frac{s^{11}}{42 \cdot 240C^5} - \dots \quad (7.7)$$

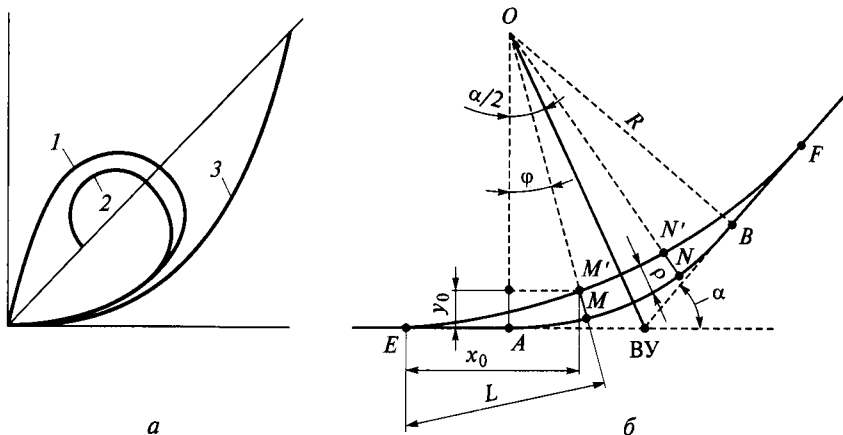


Рис. 7.2. Переходные кривые:

*a* — основные виды переходных кривых: 1 — лемниската Бернулли; 2 — радио-идальная спираль (клотоида); 3 — кубическая парабола; *б* — схема сопряжения переходной кривой с круговой кривой: точки *A* и *B* — начало и конец круговой кривой, *E* и *F* — начала переходных кривых; *M'* и *N'* — концы переходных кривых; *MN* — круговая кривая; *BU* — вершина угла;  $x_0$  и  $y_0$  — координаты точки *M*; *L* — длина переходной кривой;  $\rho$  — сдвигка круговой кривой;  $\varphi$  — угол между касательной к концу переходной кривой и осью абсцисс

Для практических целей достаточно воспользоваться первыми двумя членами уравнения (7.7). Для разбивки переходных кривых используют уравнение кубической параболы с параметрами  $x = s$ ;

$$y = \frac{s^3}{6C}, \text{ откуда}$$

$$y = \frac{x^3}{6C}. \quad (7.8)$$

Согласно СНиП 2.05.07—85 переходные кривые предусматривают при радиусах менее 250 м с использованием данных, приведенных в табл. 7.3.

На рис. 7.2, *б* показано сопряжение переходной кривой с круговой кривой.

Прямая вставка между круговыми кривыми должна быть не менее двух половин переходных кривых. Если переходных кривых нет, то на прямой вставке должны размещаться отгоны виражей и уширений земляного полотна смежных кривых.

**Уширение проезжей части и земляного полотна на кривых участках пути.** Несмотря на то что на лесовозных автопоездах используют крестообразную сцепку автомобиля с прицепным составом, обеспечивающую движение колес автомобиля и роспуска по од-

## Длина переходных кривых, м

Скорость движения, км/ч	Радиус кривой в плане, м									
	20	30	50	60	80	100	125	150	200	250
70	—	—	—	—	—	—	—	—	55	45
60	—	—	—	—	—	—	60	50	35	30
50	—	—	—	—	—	40	35	25	20	15
40	—	—	—	35	25	20	15	15	10	10
30		30	20	15	10	10	0	0	0	0
20	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0
15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ному следу, при вывозке древесины в хлыстах задние концы пакета хлыстов могут перекрыть встречную полосу движения и создать опасную ситуацию. На левых поворотах средняя часть пакета хлыстов может зайти на встречную полосу. Для обеспечения безопасности на кривых назначают уширение проезжей части согласно табл. 7.4 и 7.5.

Уширение проезжей части производят с внутренней стороны кривой. На дорогах с шириной обочины более 1 м уширение производят за счет внутренней обочины, но так, чтобы оставшаяся

Таблица 7.4

## Уширение проезжей части двухполосных дорог на кривых

Радиус кривой, м	Длина хлыстов, м						Вывозка сортиментов автопоездами
	до 20		21 ... 25		26 ... 30		
	Вид поворота						
	Правый	Левый	Правый	Левый	Правый	Левый	
100	1,7	1,0	2,3	1,1	3,0	1,3	3,0
150	1,3	0,8	1,7	0,9	2,1	1,0	2,2
200	1,2	0,8	1,4	0,9	1,8	0,9	1,5
300	0,8	0,6	1,0	0,6	1,2	0,7	1,1
400	0,7	0,5	0,8	0,5	1,0	0,6	0,9
500	0,6	0,4	0,7	0,5	0,8	0,5	0,8
700	0,5	0,3	0,6	0,3	0,7	0,4	0,7
1000	0,3	—	0,4	—	0,5	—	0,4

## Уширение проезжей части однополосных дорог на кривых

Радиус кривой, м	Вывозка хлыстов длиной, м			Вывозка сортиментов
	до 20	21 ... 25	26 ... 30	
50	0,9	1,2	1,5	—
100	0,6	0,7	0,9	3,0
200	0,4	0,4	0,5	1,5
250	0,3	0,4	0,4	1,3
300	—	0,3	0,4	1,1
400	—	—	—	0,9
500	—	—	—	0,8
700	—	—	—	0,7
1 000	—	—	—	0,4

часть была не менее 1 м. В противном случае необходимо увеличить ширину земляного полотна.

**Обеспечение видимости в плане.** На прямом участке пути при отсутствии крутых переломов продольного профиля видимость пути обеспечена. На кривых в плане видимость дороги может быть не обеспечена растущим лесом, кустарником или откосом выемки. Водитель транспортного средства, находясь в точке *A* (рис. 7.3), должен видеть встречное транспортное средство в точке *B* на расстоянии видимости  $S_B$ . Принимая для упрощения длину хорды равной расстоянию видимости, ширину  $Z$  расчистки от кустар-

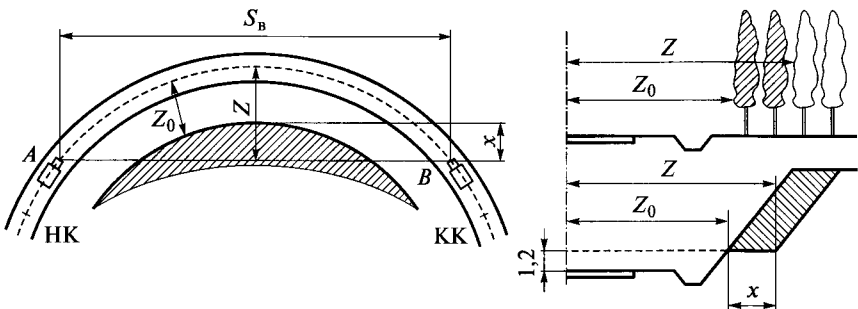


Рис. 7.3. Расчетная схема обеспечения видимости на кривой для случая, когда расстояние видимости меньше длины кривой (зона, подлежащая расчистке или срезке, заштрихована):

$Z$  — расстояние от середины кривой до линии видимости  $AB$ ;  $Z_0$  — расстояние от оси дороги до границы дорожной полосы

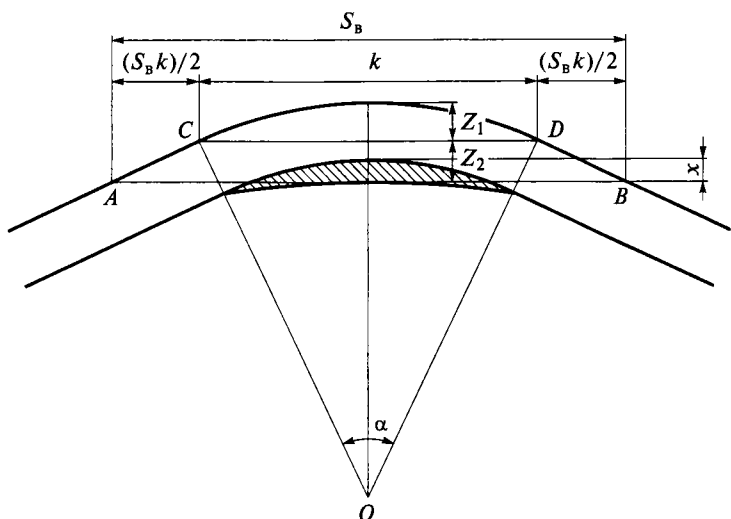


Рис. 7.4. Расчетная схема обеспечения видимости для случая, когда расстояние видимости больше длины кривой:

$S_B$  — расстояние видимости препятствия на дороге;  $K$  — длина кривой;  $\alpha$  — угол поворота;  $Z_1$  — расстояние от середины кривой до хорды, стягивающей начало и конец кривой;  $Z_2$  — расстояние от хорды до линии видимости;  $x$  — ширина полосы расчистки

ника или откоса выемки на середине кривой можно найти из равенства

$\frac{S_B^2}{4} = (2R - Z)Z$ , откуда

$$Z = R - \sqrt{(R^2 - 0,25S_B^2)} \cong \frac{S_B^2}{8R}, \quad (7.9)$$

где  $R$  — радиус кривой.

Если длина кривой меньше расстояния видимости (рис. 7.4), то

$$Z = Z_1 + Z_2; \quad Z_1 = R - R \cos \frac{\alpha}{2}; \quad Z_2 = 0,5(S_B - K) \sin \frac{\alpha}{2};$$

$$Z = \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right) R + 0,5(S_B - K) \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (7.10)$$

Величина  $Z$ , определенная по приведенным формулам, относится к середине кривой. Для определения площади срезки в остальных точках кривой пользуются графическим методом построения кривой видимости. Вычерчивают в масштабе схему кривой, на которой показывают ось дороги и границу просеки или ширины выемки на высоте 1,2 м от поверхности дороги. Отступив от

начала кривой на половину  $S_b$ , проводят линию видимости до пересечения с осью дороги; перемещаясь в сторону кривой, проводят линии видимости с определенным шагом. В результате получается очертание уширения откоса выемки или просеки, которую необходимо перенести на натуру.

### 7.3. Проектирование продольного профиля лесовозной автомобильной дороги

Проектирование продольного профиля в основном заключается в укладке проектной линии (см. рис. 3.2) таким образом, чтобы обеспечить движение лесовозных автопоездов с максимальной нагрузкой, допускаемой по грузоподъемности подвижного состава. Для этого необходимо обосновать нормы проектирования. Основными из них являются руководящий подъем, максимальный спуск, радиусы вертикальных кривых. Вместе с тем необходимо на каждом участке дороги учитывать грунтово-гидрологические условия, от которых зависят прочность и устойчивость земляного полотна и дорожной одежды.

При проектировании следует пользоваться основными нормами проектирования (см. табл. 7.2). Если при этом резко возрастают объемы земляных работ, следует обосновать значения руководящего уклона по формуле (4.62) и максимального спуска по формуле (4.94). Следует учесть, что в любом случае максимальный спуск ограничивается величиной  $i_{сп} = i_{рук} + 20\%$ . При совпадении крутых уклонов с кривыми малых радиусов необходимо уменьшить назначаемый уклон на величину эквивалентного уклона.

Минимальную высоту насыпи на участках вольного хода назначают в зависимости от вида грунта земляного полотна, расчетного уровня грунтовых, наличия длительно стоящих поверхностных вод и высоты снежного покрова (табл. 7.6).

Высота насыпи в точках примыкания к магистральным путям и в местах пересечения с существующими дорогами должна быть равной высоте насыпей магистрального пути или пересекаемой дороги.

**Вертикальные кривые.** Выпуклые кривые (рис. 7.5) предназначены для того, чтобы обеспечить плавность движения транспортных средств и видимость за переломами профиля. Вогнутые кривые обеспечивают плавность движения и снижают перегрузку рессор и колес, возникающую в связи с действием центробежной силы.

Вертикальные кривые предусматривают при алгебраической разности уклонов сопрягаемых элементов 15‰ и более на магистралях I категории, 20‰ и более на магистралях II—IV категорий, 30‰ и более — на ветках.



## Требования по минимальному возвышению дорожного покрытия

Грунт земляного полотна	Наименьшее возвышение, м			
	над уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод		над поверхностью земли при необеспеченном стоке	
	II зона	III зона	II зона	III зона
Песок мелкий, супесь легкая	1,1	0,9	0,9	0,7
Песок пылеватый, супесь пылеватая	1,5	1,2	1,2	1,0
Суглинок легкий и тяжелый, глины	2,2	1,8	1,6	1,4
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий и тяжелый пылеватый	2,4	2,1	1,8	1,5

Примечание. Для веток и служебных дорог допускается уменьшить приведенные значения, но не более чем в 1,5 раза. Минимальная высота насыпи должна быть не менее глубины снежного покрова.

Значение минимального радиуса выпуклой кривой, при которой обеспечивается видимость, определяют из равенства

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

откуда

$$R = (S_B^2 - d^2)/(2d) \cong S_B^2/(2d), \quad (7.11)$$

где  $S_B$  — расстояние видимости поверхности дороги, м;  $d$  — высота глаз водителя над поверхностью дороги, м.

Значение радиуса вогнутой кривой  $R_{\min}^{\text{вог}}$  определяют исходя из предельного значения центробежной силы, допустимой по условиям перегрузки шин и рессор. С учетом этого

$$R_{\min}^{\text{вог}} = v_p^2/a_{\text{доп}}, \quad (7.12)$$

где  $v_p$  — расчетная скорость, м/с;  $a_{\text{доп}}$  — допустимое центробежное ускорение,  $a_{\text{доп}} = 0,5 \text{ м/с}^2$ .

**Расчет координат главных точек вертикальных кривых.** Для расчета элементов вертикальных кривых пользуются следующими формулами:

$$K = R\Delta i/1000; \quad T = K/2; \quad B = 0,125K^2/R,$$

где  $\Delta i$  — алгебраическая разность уклонов, ‰.

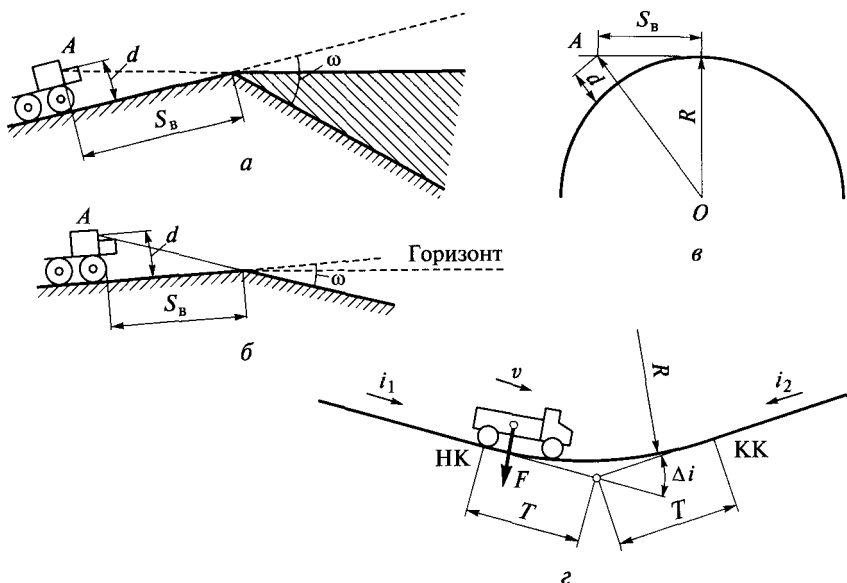


Рис. 7.5. Вертикальные кривые:

*a* — видимость на переломе профиля не обеспечена; *б* — видимость на переломе профиля обеспечена; *в* — схема к определению радиуса выпуклой кривой, *г* — вогнутая кривая; *A* — положение глаз водителя; *d* — высота глаз водителя над поверхностью дороги;  $S_B$  — расстояние видимости по требованиям СНиПа;  $\omega = \Delta i$  — угол, образованный алгебраической разницей уклонов;  $i_1, i_2$  — сопрягаемые уклоны; *T* — тангенс вертикальной кривой; *R* — радиус вертикальной кривой

При сопряжении уклонов разных знаков (рис. 7.6, *a*) координаты начала кривой НК вычисляют по формулам:  $l_1 = Ri_1/1\,000$ ;  $h_1 = 0,5l_1^2/R$ ; а конца кривой КК —  $l_2 = Ri_2/1\,000$ ;  $h_2 = 0,5l_2^2/R$ ; длина кривой —  $K = l_1 + l_2 = R\Delta i/1\,000$ . Здесь  $l_1$  и  $l_2$  — длины горизонтальных проекций соответствующих участков кривой.

Пикетное положение ПК вершины кривой ВК, ее начала НК и конца КК вычисляют по формулам:

$$\text{ПК ВК} = \text{ПВУ} - 0,5(l_1 + l_2) + l_1 = \text{ПВУ} + 0,5(l_1 - l_2);$$

$$\text{ПК НК} = \text{ПК ВК} - l_1; \text{ПК КК} = \text{ПК ВК} + l_2,$$

где ПВУ — пикетное положение вершины угла вертикальной кривой. Проектные отметки точек вертикальной кривой вычисляют в соответствии с рис. 7.6: отметки НК =  $A \pm l'i_1$ ; отметки ВК =  $\text{НК} \pm h_1$ , отметки КК =  $\text{ВК} \pm h_2$ , где *A* — отметка ближайшего пикета или плюса до начала кривой; *l'* — расстояние до этой точки от НК. Знак «+» — для выпуклых кривых, знак «-» — для вогнутых.

При сопряжении уклонов с одинаковыми знаками (рис. 7.6, *б*) вершина кривой размещается вне разбиваемой кривой. В предель-

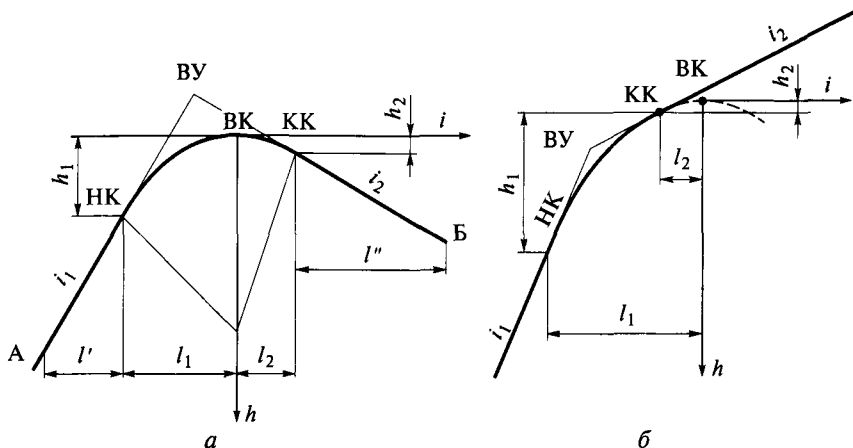


Рис. 7.6. Схема вычисления главных точек вертикальных кривых:

*а* — при сопряжении уклонов разных знаков; *б* — при сопряжении уклонов одного знака; НК, КК — начало и конец вертикальной кривой; ВК — вершина вертикальной кривой (точка отсчета координат главных точек); ВУ — вершина угла; А, Б — пикеты;  $l''$  — расстояние от КК до ближайшего пикета Б

ном случае, когда  $i_2 = 0$ , вершина кривой совпадает с точкой КК ( $h_2 = 0$  и  $l_2 = 0$ ). Пикетное положение главных точек ПК ВК = = ПК ВУ -  $0,5(l_1 - l_2)$ ; ПК НК и ПК КК — вычисляют по предыдущим формулам.

Различают два вида проектной линии: обертывающую и секущую. *Обертывающую* проектную линию назначают на участках вольного хода приблизительно параллельно линии земли с высотой насыпи в соответствии с грунтово-гидрологическими условиями. При этом обеспечивают небольшой объем земляных работ с возведением насыпи из боковых резервов.

На участках стесненного хода проектную линию целесообразно проектировать *секущей*. При проложении проектной линии используют уклоны проектирования: руководящий и уклон максимального спуска. Проектную линию назначают так, чтобы насыпи и выемки чередовались и соблюдался принцип равновесия земляных масс.

Проектные отметки вычисляют по формуле

$$H_{i+1} = H_i \pm i_{\text{пр}}l,$$

где  $H_{i+1}$  и  $H_i$  — проектные отметки предыдущей и последующей точек;  $i_{\text{пр}}$  — проектный уклон, доли единицы;  $l$  — длина элемента профиля, м.

Рабочие отметки вычисляют как разницу между проектной отметкой и отметкой земли. Проектную отметку дна канавы определяют, вычитая из отметки земли глубину канавы. Уклоны дна канавы, как правило, принимают равными уклонам земли, но не менее 5 %.

## 7.4. Проектирование земляного полотна лесовозных автомобильных дорог

Проектирование земляного полотна заключается в определении его параметров и поперечного профиля. Земляное полотно лесовозных дорог проектируют, как правило, пользуясь типовыми поперечными профилями. По индивидуальным проектам земляное полотно проектируют:

- в выемках при переувлажненных грунтах и высоком стоянии грунтовых вод;
- в насыпях на косогорах круче 1:3, на болотах и при высоте насыпи более 12 м;
- при возведении земляного полотна взрывным методом или гидронамывом;
- на участках с вечной мерзлотой, оползнях и других неблагоприятных условиях.

**Определение ширины земляного полотна и проезжей части.** Ширину земляного полотна  $B$  и проезжей части  $B_0$  на прямых участках дороги (рис. 7.7) определяют по формуле

$$B = B_0 + 2c; \quad (7.13)$$

для однополосной дороги

$$B_0 = 2a + S; \quad (7.14)$$

для двухполосной дороги

$$B_0 = S + d + m + 2a. \quad (7.15)$$

Здесь  $c$  — ширина обочины, м;  $a$  — минимальное расстояние от вертикальной оси колеса до кромки проезжей части, м;  $S$  — ширина колеи расчетного автомобиля, м;  $d$  — габаритная ширина автомобиля, м;  $m$  — минимальный интервал между встречными автомобилями, м.

Величины  $a$  и  $m$  для малой интенсивности движения определяют по формулам:

$$a = k_{\text{ум}} \sqrt{0,1 + 0,027v_p}; \quad (7.16)$$

$$m = k_{\text{ум}} (0,3 + 0,19\sqrt{v_1 + v_2}), \quad (7.17)$$

где  $k_{\text{ум}}$  — коэффициент уменьшения, для лесовозных дорог  $k_{\text{ум}} = 0,8 \dots 1$ ;  $v_p$  — расчетная скорость движения автомобиля, м/с;  $v_1$ ,  $v_2$  — расчетные скорости встречных автомобилей, м/с.

Для лесовозных дорог  $m$  можно принимать равным  $2a$ .

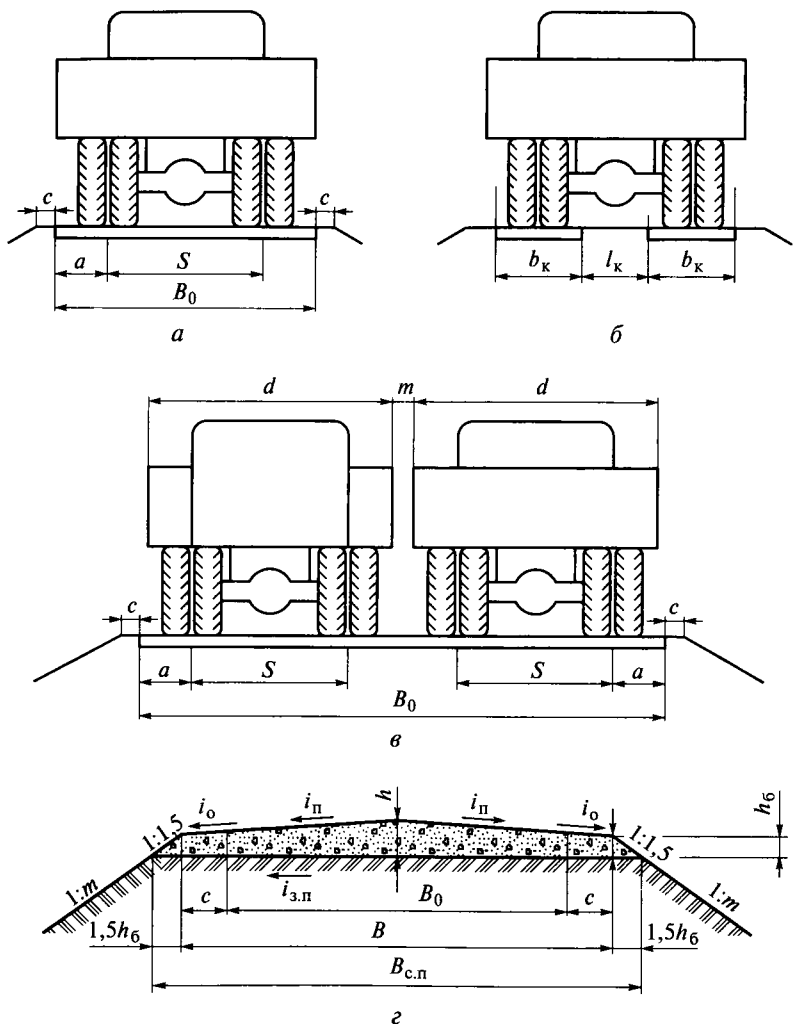


Рис. 7.7. Расчетные схемы для определения ширины земляного полотна: *a* — с однополосной проезжей частью; *б* — дорога с колеевым покрытием; *в* — с двухполосной проезжей частью; *г* — при серповидном профиле дорожной одежды; *c* — ширина обочины; *a* — расстояние от оси колеса до кромки проезжей части; *S* — ширина колеи автомобиля;  $B_0$  — ширина проезжей части;  $b_k$  — ширина колеи;  $l_k$  — межколейное пространство; *d* — ширина автомобиля; *m* — расстояние между встречными автомобилями; *h* — толщина дорожной одежды по оси дороги;  $i_{п}$  — поперечный уклон проезжей части;  $i_0$  — уклон обочины;  $i_{з.п}$  — уклон земляного полотна;  $h_6$  — толщина дорожной одежды на бровке; *m* — коэффициент заложения откоса; *B* — ширина земляного полотна;  $B_{с.п}$  — ширина земляного полотна при серповидном профиле

Ширину земляного полотна на дорогах с серповидным профилем  $B_{с.п}$  определяют по формуле

$$B_{с.п} = B + 2mh_8, \quad (7.18)$$

где  $m$  — коэффициент заложения откоса дорожной одежды;  $h_8$  — толщина дорожной одежды на бровке земляного полотна, м;

$$h_8 = h - 0,5B_0(i_{п} - i_{3.п}) - c(i_0 - i_{3.п}). \quad (7.19)$$

Здесь  $h$  — толщина дорожной одежды по оси дороги, м;  $i_{п}$ ,  $i_{3.п}$ ,  $i_0$  — поперечные уклоны проезжей части, земляного полотна и обочин в долях единицы. Основные параметры поперечного профиля лесовозных автомобильных дорог приведены в табл. 7.2.

**Водно-тепловой режим земляного полотна.** Главной задачей при проектировании земляного полотна является определение рабочих отметок. Для определения минимальной высоты насыпи необходимо знать водно-тепловой режим.

Водно-тепловым режимом земляного полотна дороги называют закономерные изменения температуры и влажности грунта в различных точках земляного полотна (рис. 7.8).

От влажности грунта зависит прочность и устойчивость земляного полотна. Основными источниками увлажнения земляного полотна являются атмосферные осадки А, поверхностные стоки воды Г, капиллярная вода Б, пленочная и парообразная вода В.

Вода из всех четырех источников концентрируется в зоне земляного полотна Д.

Количество воды в грунте можно представить в виде уравнения водного баланса

$$W = A + Б + В + Г - (M + N + P),$$

где  $M$  — сток воды по откосам и водоотводным сооружениям;  $N$  — испарение влаги;  $P$  — просачивание воды в глубинные слои земляного полотна и грунт основания.

Важнейшими климатическими факторами, влияющими на водно-тепловой режим, являются осадки, испарение, амплитуда и быстрота колебаний температуры воздуха и грунта, продолжительность морозного периода, направление и скорость ветра, мощность снежного покрова, глубина промерзания грунта.

На рис. 7.8, б приведена схема круглогодичного цикла изменения водно-теплого режима земляного полотна из суглинка во II дорожно-климатической зоне, показано изменение температуры грунта  $t$ , модуля упругости грунта  $E$  и глубины промерзания и оттаивания грунта. Осенью в связи с дождями, уменьшением испарения и подъемом грунтовых вод количество воды в порах грунтов увеличивается и соответственно снижается сопротивляемость земляного полотна нагрузкам от автопоездов. В первой половине зимы при постепенном промерзании земляного полотна вода от

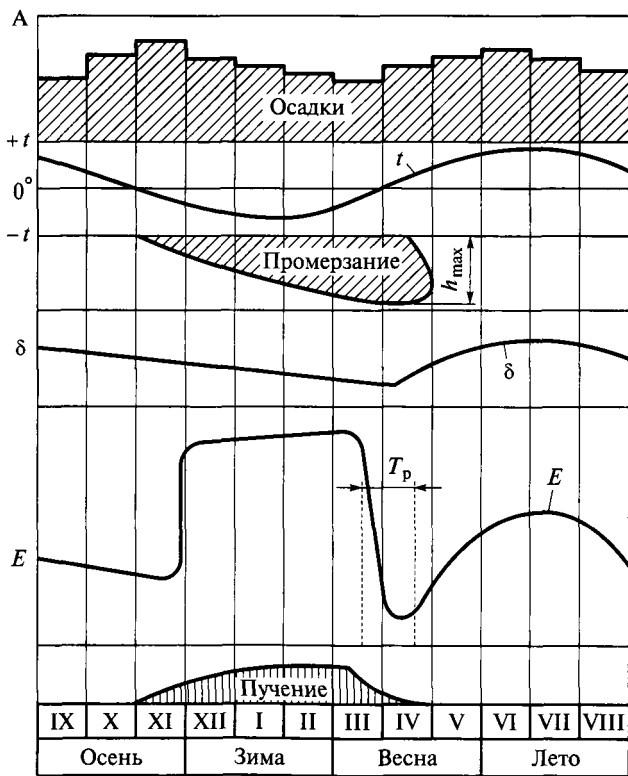
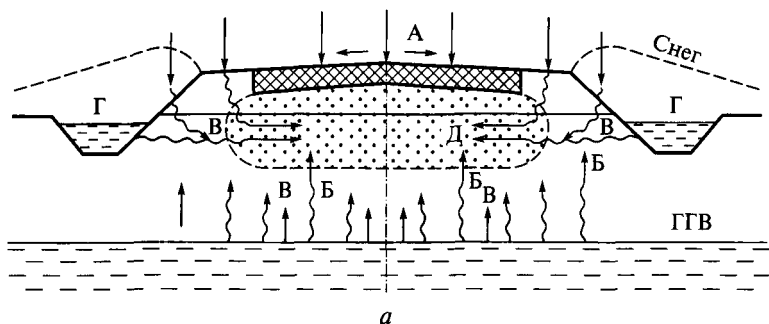


Рис. 7.8. Водно-тепловой режим земляного полотна:

*a* — источники увлажнения: А — атмосферные осадки; Б — капиллярная вода; В — пленочная и парообразная вода; Г — поверхностный сток воды (вода в канавах); Д — зона накопления влаги в результате миграции; *б* — характерные изменения водно-теплого режима земляного полотна в течение года: А — осадки;  $t$  — температура грунта;  $\delta$  — плотность грунта;  $E$  — модуль упругости;  $T_p$  — период распутицы (II дорожно-климатическая зона);  $h_{max}$  — максимальная глубина промерзания; I—XII — месяцы

уровня грунтовых вод постепенно поднимается по капиллярам к уровню промерзания, а затем замерзает, увеличивая количество влаги в земляном полотне. Кроме того, количество влаги увеличивается за счет перемещения к границе промерзания водяного пара, а также за счет увлажнения земляного полотна из кюветов, канав и резервов в осенний период. В результате зимнего влагонакопления вода, замерзая в отдельных порах, образует кристаллы льда, которые постепенно увеличиваются в объеме, образуя ледяные прослойки и вызывая поднятие грунтового основания, т. е. пучение. Во вторую половину зимы происходит увеличение мерзлого слоя грунта под дорожной одеждой и накопление воды в теле земляного полотна, в связи с чем относительная влажность грунта продолжает увеличиваться. Грунт глубоко промерзает под проезжей частью, чему способствует большая теплопроводность дорожных одежд и расчистка проезжей части от снега. На обочинах, под кюветами и резервами, покрытыми снежным покровом, грунт промерзает меньше. Весной верхняя часть промерзшего грунта под проезжей частью оттаивает быстрее. Вода, образовавшаяся в результате таяния ледяных прослоек, оказывается в «корыте», образованном неоттаявшим грунтом, и грунт под проезжей частью теряет свою несущую способность. Этот период и представляет собой распутицу.

По климатическим условиям, влияющим на водно-тепловой режим, территория России разделена на пять дорожно-климатических зон: I — вечная мерзлота; II — избыточное увлажнение; III — значительное увлажнение в отдельные годы; IV — недостаточное увлажнение и V — засушливая.

Большая часть лесов произрастает во II зоне, частично в I и III зонах. По степени увлажнения и характеру стока в пределах каждой дорожно-климатической зоны различают три типа местности:

*1-й тип* — сухие места: поверхностный сток обеспечен, грунтовые воды не оказывают влияния на увлажнение верхней толщи грунтов.

*2-й тип* — сырые места: поверхностный сток не обеспечен, но грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов, почвы с признаком поверхностного заболачивания. Весной и осенью на поверхности появляется застой воды.

*3-й тип* — мокрые места: сток не обеспечен, грунтовые воды существенно влияют на увлажнение верхней толщи грунтов, могут быть длительно стоящие (более 20 сут) поверхностные воды; почвы торфяные, оглеенные с признаками заболачивания.

Грунтовые воды не оказывают влияния на увлажнение верхней толщи грунтов, если уровень грунтовых вод в предморозный период залегает ниже глубины промерзания:



- на 2 м и более — в глинах, суглинках тяжелых, тяжелых пылеватых суглинках;
- на 1,5 м и более — в суглинках легких пылеватых и легких, супесях тяжелых и тяжелых пылеватых;
- на 1 м и более — в супесях легких, легких крупных и пылеватых песках.

При проектировании лесовозной дороги предусматривают мероприятия по улучшению водно-теплового режима земляного полотна, в частности:

- 1) устройство насыпей с учетом требований СНиП 2.02.05—85 по возвышению покрытия в зависимости от грунта (см. табл. 7.6);
- 2) сооружение водоотвода;
- 3) устройство дренажей для понижения уровня грунтовых вод, особенно в выемках;
- 4) отсыпку верхних частей насыпей на высоту 0,4...0,5 м песчаным грунтом, замену песком местного грунта в выемках;
- 5) устройство капиллярно-прерывающих прослоек из щебня, гравия или крупного песка толщиной не менее 0,15 м с поперечным уклоном в сторону от оси 30 %. В качестве противозаиливающего слоя используют геотекстиль или другие материалы (например, мох). Прослойки устраивают на высоте не менее 0,2 м от источника увлажнения и на глубине не менее 0,8 м от низа дорожной одежды. В качестве капиллярно-прерывающей прослойки на ветках и усах эффективно используют лесосечные отходы.

**Типовые поперечные профили земляного полотна.** Земляное полотно следует проектировать с использованием типовых профилей, разработанных с учетом рельефа и типа местности по увлажнению. Для лесовозных автомобильных дорог разработано 12 типовых профилей.

Во всех случаях, когда условия проложения дороги отличаются от условий типовых профилей, разрабатывают индивидуальные проекты земляного полотна.

**Особенности конструкции земляного полотна на болотах.** Конструкции земляного полотна на болотах проектируют на основе данных геологических обследований с учетом категории дороги, типа и глубины болота, характера заполняющих его торфов, рельефа минерального дна, водного режима торфяной залежи и наличия местных дренирующих грунтов.

Болота разделяют на три типа:

I — сплошь заполненные торфом устойчивой консистенции, сжимающимся под насыпью высотой до 3 м;

II — заполненные торфом неустойчивой консистенции, выдавливаемым под воздействием насыпи высотой до 3 м;

III — болота, заполненные жидким торфом и водой, с плавающей торфяной коркой (сплавиной). Болота этого типа практически не обладают несущей способностью.

Конструкции земляного полотна на болотах приведены на рис. 7.9. На болотах I типа глубиной до 4 м насыпи возводят без выторфовывания (рис. 7.9, а). При устройстве дорог с усовершенствованными покрытиями или при глубине болота более 4 м производят полное (рис. 7.9, б) или частичное выторфовывание; насыпи на болотах II и III типов возводят с посадкой на минеральное дно вместе со сплавной (рис. 7.9, в, г). На болотах I типа насыпи строят на сланях из нетоварной древесины (рис. 7.9, д) или с использованием геотекстиля.

Насыпи на болотах проектируют из дренирующих грунтов. Обязательно должен быть предусмотрен запас на осадку. Для болот I типа она может быть принята 0,2...0,3 глубины болота. Минимальная высота насыпи над поверхностью болота после полной ее осадки должна быть 0,8 м при отсыпке насыпи без выторфовывания и 0,6 м — с выторфовыванием.

Для того чтобы ускорить осадку, которая в естественных условиях проходит в длительное время (1—2 года), под насыпью делают вертикальные дрены или продольные прорезы, заполненные песком. Эти устройства способствуют удалению воды из торфяной залежи и этим ускоряют осадку.

**Определение объемов земляных работ.** Различают основные и дополнительные объемы дорожных земляных работ. К *основным объемам* относят объемы, выполняемые при строительстве насыпей и выемок, к *дополнительным* — объемы при устройстве водотока, дренажа, снятии растительного слоя, отсыпке конусов у мостов, дамб, а также объемы земляных работ при спрямлении русел. Объем дополнительных земляных работ в равнинной и холмистой местности составляет 6...10% от основных.

Для расчета объемов земляных работ необходимо знать площади поперечного сечения насыпи  $\omega_n$  и выемки  $\omega_b$  (рис. 7.10):

для насыпи

$$\omega_n = a + BH + mH^2; \quad (7.20)$$

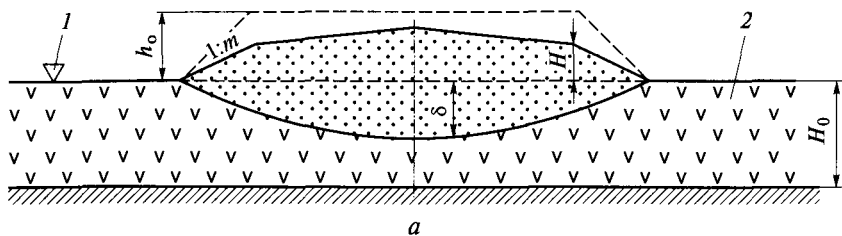
для выемки

$$\omega_b = 2k - a + (B + 2b)H + nH^2, \quad (7.21)$$

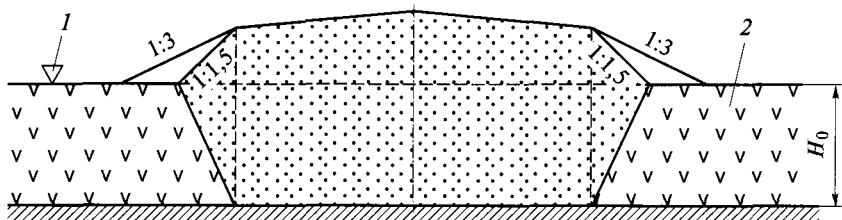
где  $a$  — площадь поперечного сечения сливной призмы,  $m^2$ ;  $B$  — ширина земляного полотна,  $m$ ;  $H$  — рабочая отметка,  $m$ ;  $m$  — коэффициент заложения откоса насыпи;  $k$  — площадь поперечного сечения кювета,  $m^2$ ;  $b$  — ширина кювета по верху,  $m$ ;  $n$  — коэффициент заложения откоса выемки.

Площадь сливной призмы с поперечным уклоном  $i$

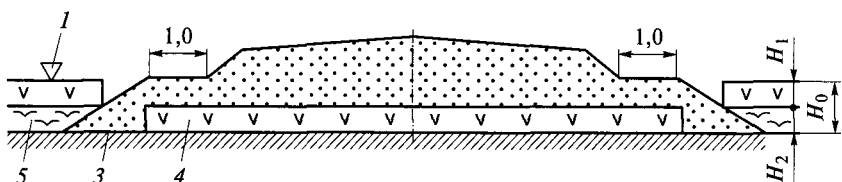
$$a = \frac{B^2 i}{4}. \quad (7.22)$$



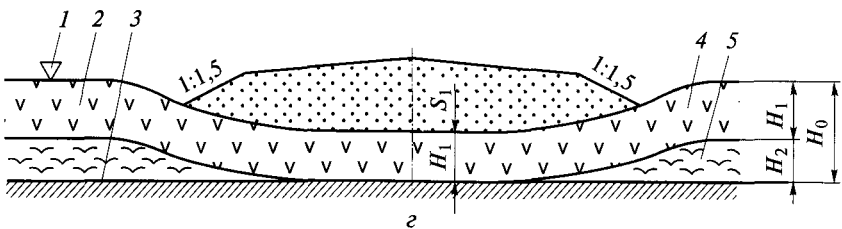
a



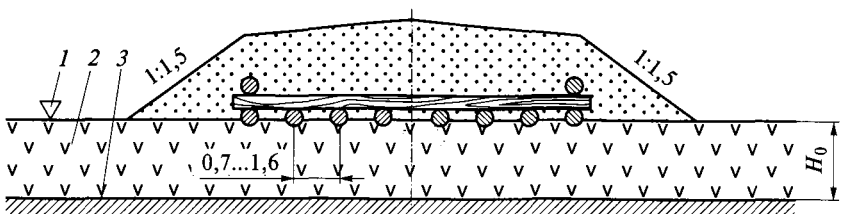
b



c



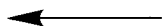
d



e

Рис. 7.9. Конструкция земляного полотна на болотах:

*a* — на болоте I типа, заполненном плотным торфом; *б* — на болотах I и II типов с полным и частичным выторфовыванием; *в* — на болотах III типа с плавающей слявиной с устройством прорезей и посадкой насыпи вместе со слявиной на минеральное дно; *г* — то же, но без устройства прорезей в слявине; *д* — с устройством еланей из нетоварной древесины; 1 — уровень болота; 2 — плотный торф; 3 — минеральное дно; 4 — слявина; 5 — жидкий торф или сопрапель; *h*<sub>0</sub> — общая толщина отсыпаемого слоя грунта с учетом осадки; *H* — проектная рабочая отметка;  $\delta$  — осадка насыпи; *H*<sub>0</sub> — глубина болота; *H*<sub>1</sub> — толщина верхнего слоя; *H*<sub>2</sub> — толщина нижнего слоя; *S*<sub>1</sub> — осадка верхнего слоя



Площадь поперечного сечения кювета трапециевидальной формы определяется по формуле (рис. 7.10, б)

$$k = b_0 h + h^2(m + n)/2, \quad (7.23)$$

где *b*<sub>0</sub> — ширина кювета по низу; *h* — глубина кювета; *m* и *n* — крутизна внутреннего и наружного откоса соответственно.

Для вывода расчетной формулы определения объема насыпи изобразим фрагмент продольного профиля дороги и выделим на нем участок насыпи с рабочими отметками *H*<sub>1</sub> и *H*<sub>2</sub> и длиной *L* (рис. 7.10, в). На расстоянии от начала насыпи *x* выделим бесконечно малый участок длиной *dx* и с переменной рабочей отметкой *y*, которая может быть определена по формуле

$$y = H_1 - (H_1 - H_2)x/L. \quad (7.24)$$

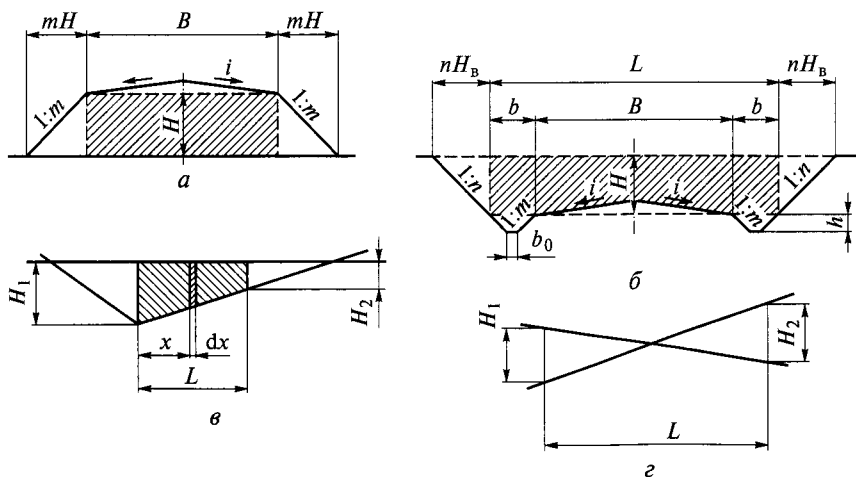


Рис. 7.10. Расчетные схемы к определению объема земляных работ:

*a* — насыпи; *б* — выемки; *в* — участка насыпи; *г* — расчет положения нулевой точки; *H*<sub>в</sub> — рабочая отметка выемки; *b* — ширина кювета по верху

Напишем интегральное уравнение для определения объема  $V$  участка насыпи длиной  $L$

$$V = \int_0^L \omega_n dx = \int_0^L (a + By + my^2) dx. \quad (7.25)$$

Подставив значение  $y$ , выполнив интегрирование и преобразовав, получим расчетную формулу для определения объема насыпи:

$$V_n = (a + BH_{cp} + mH_{cp}^2) L + m(H_1 - H_2)^2 L/12, \quad (7.26)$$

где  $H_{cp}$  — средняя рабочая отметка, м:

$$H_{cp} = (H_1 + H_2)/2. \quad (7.27)$$

Выражение  $m(H_1 - H_2)^2 L/12$  называют *призматoidalной поправкой*. При  $(H_1 - H_2) < 1$  м ею можно пренебречь.

По аналогии может быть выведена формула для подсчета объема выемки

$$V_v = [(2k - a) + (B + 2b)H_{cp} + nH_{cp}^2] L + n(H_1 - H_2)^2 L/12, \quad (7.28)$$

где  $H_1$  и  $H_2$  — рабочие отметки в начале и конце участка выемки, м.

Для подсчета объема земляных работ необходимо знать расположение нулевой точки — точки, в которых насыпь переходит в выемку или выемка переходит в насыпь (рис. 7.10, з). Из подобия треугольников  $H_1/x = H_2/(L - x)$ ;  $H_1(L - x) = xH_2$ , отсюда

$$x = H_1 L / (H_1 + H_2). \quad (7.29)$$

Объем дорожных земляных работ, определенный по данным продольного профиля, называют *профильным*; он представляет собой сумму объемов насыпей и выемок. Фактический объем земляных работ, выполненный в натуре, может быть меньше профильного, если насыпь возводится из грунта, взятого из выемки. *Производственный объем* — это объем грунта, вынутый из выемок, карьеров и резервов; он равен сумме объемов насыпей и кавальеров.

**Полоса отвода и ширина дорожной просеки.** Полоса отвода представляет собой полосу земли, на которой размещаются все сооружения и устройства дороги. Эта полоса изымается из землепользования и находится в распоряжении управления дорогой. Ширина полосы отвода включает ширину просеки и ширину защитной полосы лесонасаждений, принимаемую по 60 м с каждой стороны. Полосу отвода вне участков Гослесфонда принимают в соот-

ветствии с Инструкцией о порядке отвода и использовании земель полосы для автомобильных дорог.

Ширину просеки лесовозных дорог принимают равной: для дорог круглогодичного действия — магистрали 30 м, для веток 12 м; для зимних дорог при устройстве грузового и порожнего направления в одной просеке — 14 м, при раздельном устройстве — 8 м для грузового и 6 м для порожнего.

## 7.5. Проектирование дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог

Дорожная одежда является наиболее дорогим элементом дороги, во многом определяющим эксплуатационные качества дороги. Дорожная одежда представляет собой сложную слоистую конструкцию из различных материалов, свойства которых меняются в зависимости от влажности, температуры, времени воздействия нагрузки, интенсивности движения. Дорожная одежда опирается на грунтовое основание, которое также резко изменяет свои прочностные свойства под влиянием погодных условий.

Дорожные одежды разделяют на жесткие с покрытием из материалов, сопротивляющихся изгибу (цементобетонные, из железобетонных плит и с деревянными колесопроводами) и нежесткие — из материалов, не способных сопротивляться изгибу (все остальные виды дорожных одежд). В зависимости от числа слоев дорожные одежды могут быть однослойные и многослойные. Верхний конструктивный слой называют *покрытием*, остальные — *слоями основания*. Некоторые виды покрытий требуют устройства поверхностной обработки, представляющей собой защиту от износа, пылимости и проникновения влаги. Слой износа создается на поверхности покрытия из мелкого щебня, обработанного горячим вязким битумом толщиной 1,5... 4,5 см. Покрытие определяет собой эксплуатационные качества одежды. Основание одежды устраивают из одного или нескольких слоев. Оно является основным элементом, определяющим прочность. Ниже основных слоев основания в ряде случаев укладывают дополнительный подстилающий слой из песка и других местных зернистых материалов, служащий для дренажа одежды и повышения ее прочности и морозоустойчивости. Дорожная одежда вместе с земляным полотном представляет собой *дорожную конструкцию*, воспринимающую воздействие внешних сил.

Дорожные одежды нежесткого типа классифицируются по капитальности:

- *капитальные* с усовершенствованным покрытием из асфальтобетона или цементобетона;
- *облегченные* с усовершенствованным покрытием из асфальтобетона и каменных материалов, обработанных органическим вя-

жушим; из черного щебня, уложенного по способу заклинки; из пористой асфальтобетонной смеси с поверхностной обработкой и из прочного щебня, уложенного по способу заклинки с поверхностной обработкой;

- *переходные* — с покрытием из прочного щебня, уложенного по способу заклинки без вяжущего; из грунтов и малопрочных материалов, укрепленных вяжущими; из булыжного и колотого камня;

- *низшие* — с покрытием из щебеночных, гравийно-песчаных смесей и других малопрочных материалов и шлаков, грунтов, укрепленных или улучшенных различными местными материалами; из древесных материалов и др.

Усовершенствованные покрытия капитального и облегченного типов укладывают на прочное основание из одного или нескольких конструктивных слоев.

Покрытия переходных и низших типов укладывают непосредственно на грунт земляного полотна, за исключением щебеночных, под которыми укладывают основание из грунтов, укрепленных вяжущими, из шлаков или из других местных материалов. Основные типы поперечных профилей бесколеиных дорожных одежд, применяемые на лесовозных дорогах, приведены на рис. 3.5. Проектирование дорожной одежды заключается в ее проектировании и расчете.

Движущиеся автопоезда создают горизонтальные и вертикальные усилия, приложенные к поверхности дороги. Вертикальные силы вызывают напряженное состояние во всей дорожной одежде и в грунте земляного полотна (рис. 7.11).

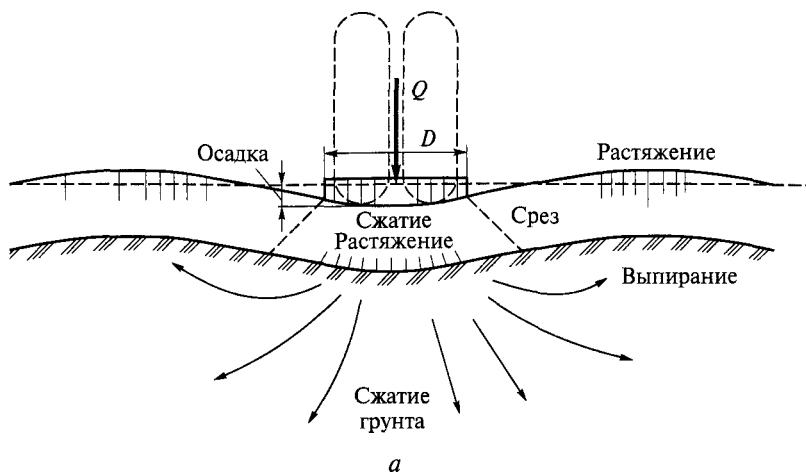
Давление колеса на дорогу передается через шину упруго. Площадь, через которую передается давление, представляет собой эллипс, но для удобства расчетов ее приводят к эквивалентной площади круга (рис. 7.11, в) диаметром

$$D = 0,0357 \sqrt{\frac{Qk_{\text{дин}}}{p}}, \quad (7.30)$$

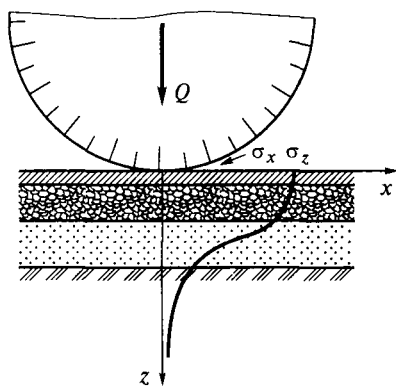
где  $Q$  — статическая нагрузка на колесо, кН;  $k_{\text{дин}}$  — динамический коэффициент;  $p$  — среднее удельное давление колеса на дорогу, мПа (табл. 7.7).

Под воздействием нагрузки под колесом образуется чаша прогиба, в верхней зоне происходит сжатие материала покрытия, а в нижних слоях — растяжение. В нижних малосвязных слоях под воздействием растягивающих напряжений могут появиться сдвиги частиц и остаточные деформации.

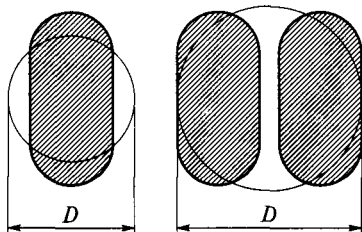
В основу расчета нежестких дорожных одежд на прочность приняты следующие положения:



a



б



в

Рис. 7.11. Деформации и напряжения в дорожной одежде и земляном полотне от колесной нагрузки:

a — деформации (на пределе прочности); б — распределение в одежде напряжений от горизонтальных  $\sigma_x$  и вертикальных  $\sigma_z$  сил; в — замена действительных отпечатков колеса на поверхности дороги равновеликим по площади кругом диаметром  $D$ ;  $Q$  — статическая нагрузка на колесо

- дорожную одежду и земляное полотно рассматривают как слоистое упругое полупространство;
- критерием прочности является величина допускаемого упругого прогиба;
- основным показателем, характеризующим прочность дорожно-строительных материалов, является модуль упругости;
- конструкции дорожных одежд с усовершенствованными покрытиями проверяют на устойчивость против сдвига, связанные слои — на растягивающие напряжения, а в целом дорожную одежду — на морозостойкость.



## Основные параметры расчетных нагрузок по ВСН 46—83

Транспортные средства	Номинальная статическая нагрузка на ось, кН	Среднее удельное давление, МПа	Расчетный диаметр эквивалентного круга, м, для колеса	
			неподвижного	движущегося
Группа А	100	0,6	0,33/0,23	0,37/0,26
Группа Б	60	0,5	0,28/0,21	0,32/0,24

Примечание. В числителе условной дроби приведены значения для загруженного автомобиля, в знаменателе — для порожнего.

Из теории упругости известно, что зависимость между упругим прогибом и модулем упругости определяется формулой

$$E_{\text{тр}} = \frac{p}{l_{\text{доп}}} (1 - \mu^2) k_{\text{п}} k_{\text{х}}, \quad (7.31)$$

где  $E_{\text{тр}}$  — требуемый модуль упругости одежды, МПа;  $p$  — удельное давление колеса на дорогу, МПа;  $l_{\text{доп}}$  — допускаемый упругий прогиб дорожной одежды, м, зависящий от капитальности дорожной одежды и интенсивности движения;  $\mu$  — коэффициент Пуассона;  $k_{\text{п}}$  — коэффициент, учитывающий повторность приложения расчетной нагрузки;  $k_{\text{х}}$  — коэффициент, учитывающий влияние типа колес (для двухскатных  $k_{\text{х}} = 1$ ; для односкатных  $k_{\text{х}} = 2$ ).

Значение  $E_{\text{тр}}$  удобно определять по номограмме или по формуле

$$E_{\text{тр}} = a + v \lg N_{\text{р}}, \quad (7.32)$$

где  $a$ ,  $v$  — коэффициенты, для транспортных средств группы А —  $a = 65$ ,  $v = 65$ ; для средств группы Б —  $a = 5$ ,  $v = 70$ ;  $N_{\text{р}}$  — расчетная интенсивность движения, авт./сут, определяемая по формуле

$$N_{\text{р}} = f \left( \frac{Q_{\text{лет}}}{T_{\text{лет}} Q_{\text{пол}}} \sum_1^n k_{\text{пр}} + N_{\text{пр}} k_{\text{пр}} \right), \quad (7.33)$$

где  $f$  — коэффициент, учитывающий число полос движения (для однополосной дороги  $f = 1$ , для двухполосной —  $f = 0,55$ );  $Q_{\text{лет}}$  — расчетный объем вывозки за неморозный период, м<sup>3</sup>;  $T_{\text{лет}}$  — продолжительность летнего периода, сут;  $Q_{\text{пол}}$  — объем полезной нагрузки на автопоезд, м<sup>3</sup>;  $k_{\text{пр}}$  — коэффициент приведения нагрузки на ось к расчетной, принимаемый по табл. 7.8;  $n$  — число расчетных осей в лесовозном поезде;  $N_{\text{пр}}$  — число прочих автомобилей.

Значения коэффициента приведения  $k_{пр}$ 

Транспортные средства	Коэффициент $k_{пр}$ при нагрузке на ось, т					
	4	6	7	8	9,5	10
Группа А	0,02	0,1	0,36	0,43	0,68	1,0
Группа Б	0.20	1,0	—	—	—	—

Примечание. При сдвоенных задних осях и расстоянии между осями 1,3...1,4 м нагрузку принимают с коэффициентом 1,2.

Расчет дорожной одежды выполняют с учетом требований надежности. *Надежность* — это вероятность безотказной работы в течение всего периода между капитальными ремонтами. *Отказом* считают необходимость выполнения капитального ремонта дороги раньше нормативного срока.

Уровень надежности определяют по формуле

$$k_n = l_{пр}/l_{об},$$

где  $l_{пр}$  — протяженность участков, не требующих ремонта;  $l_{об}$  — общая протяженность дороги.

В зависимости от коэффициента надежности установлены коэффициенты прочности  $K_{пр}$  для различных типов дорожных одежд и коэффициенты нормированного отклонения  $t$ , необходимые для определения расчетных характеристик дорожно-строительных материалов (табл. 7.9).

Общая прочность дорожной одежды определяется по формуле

$$E_{общ} = EK_{пр}, \quad (7.34)$$

где  $E$  — модуль упругости материала, МПа.

Таблица 7.9

Значения коэффициентов надежности, прочности и нормированного отклонения

Тип дорожной одежды	Категории дорог	Значения коэффициентов		
		надежности $k_n$	прочности $K_{пр}$	нормированного отклонения $t$
Капитальный	I, II, III	0,90...0,95	0,94...1,0	1,32...1,71
Облегченный	III, IV	0,85	0,90	1,06
Переходный	IV, V	0,60	0,63	0,26

Примечание. Лесовозные дороги I категории соответствуют по интенсивности движения дорогам III категории по СНиП 2.05.02—85, дороги II и III категорий — дорогам IV категории, дороги IV категории — дорогам V категории.

Минимальные допустимые значения требуемого модуля упругости  $E_{тр}$ 

Категория дороги	Расчетная интенсивность движения, авт./сут	Требуемый модуль упругости, МПа, для одежд		
		с усовершенствованными покрытиями		переходного типа
		капитальных	облегченных	
I	70, группа А	180	160	—
II	70, группа А	—	155	110
III	70, группа Б	—	125	65
IV	50, группа А	—	150	85
V	50, группа Б	—	90	65

Вычисленные значения модуля упругости дорожной одежды сравнивают с минимально допустимыми модулями, приведенными в табл. 7.10.

В случае если по расчету  $E_{тр}$  получилось меньше табличного значения, для дальнейших расчетов  $E_{тр}$  принимают равным табличному значению.

Расчет дорожной одежды сводится к определению такой толщины дорожной одежды  $h$ , при которой общий модуль упругости соответствует расчетному значению.

Общий модуль упругости зависит от диаметра эквивалентного круга  $D$ , модуля упругости грунта или нижележащей конструкции  $E_n$ , модуля упругости материала дорожной одежды  $E_b$ , толщины дорожной одежды по оси дороги  $h$ . Теоретическими исследованиями установлена зависимость между перечисленными параметрами и представлена в виде номограммы (рис. 7.12) для расчета. В номограмме в координатах  $E_n/E_b$  и  $h/D$  в виде семейства кривых даны отношения  $E_{общ}/E_b$ . Задаваясь величинами  $E_n$ ,  $E_b$ ,  $D$  и  $E_{общ} = E_{тр}$  по номограмме находим  $h/D$ , откуда находим искомую величину  $h$ .

Расчет многослойной дорожной одежды ведется в несколько приемов по числу слоев. Расчетные значения модулей упругости определяются по табл. 7.11 и 7.12.

Расчетные значения влажности  $N_p$  грунтов зависят от дорожно-климатической зоны, типа местности по увлажнению, вида грунта и определяются вероятностным методом по формуле

$$W_p = \overline{W} (1 + tV_w), \quad (7.35)$$

где  $\overline{W}$  — среднемноголетняя влажность (табл. 7.13);  $t$  — нормированное отклонение (см. табл. 7.9);  $V_w$  — коэффициент вариации,  $V_w = 0,1$ .

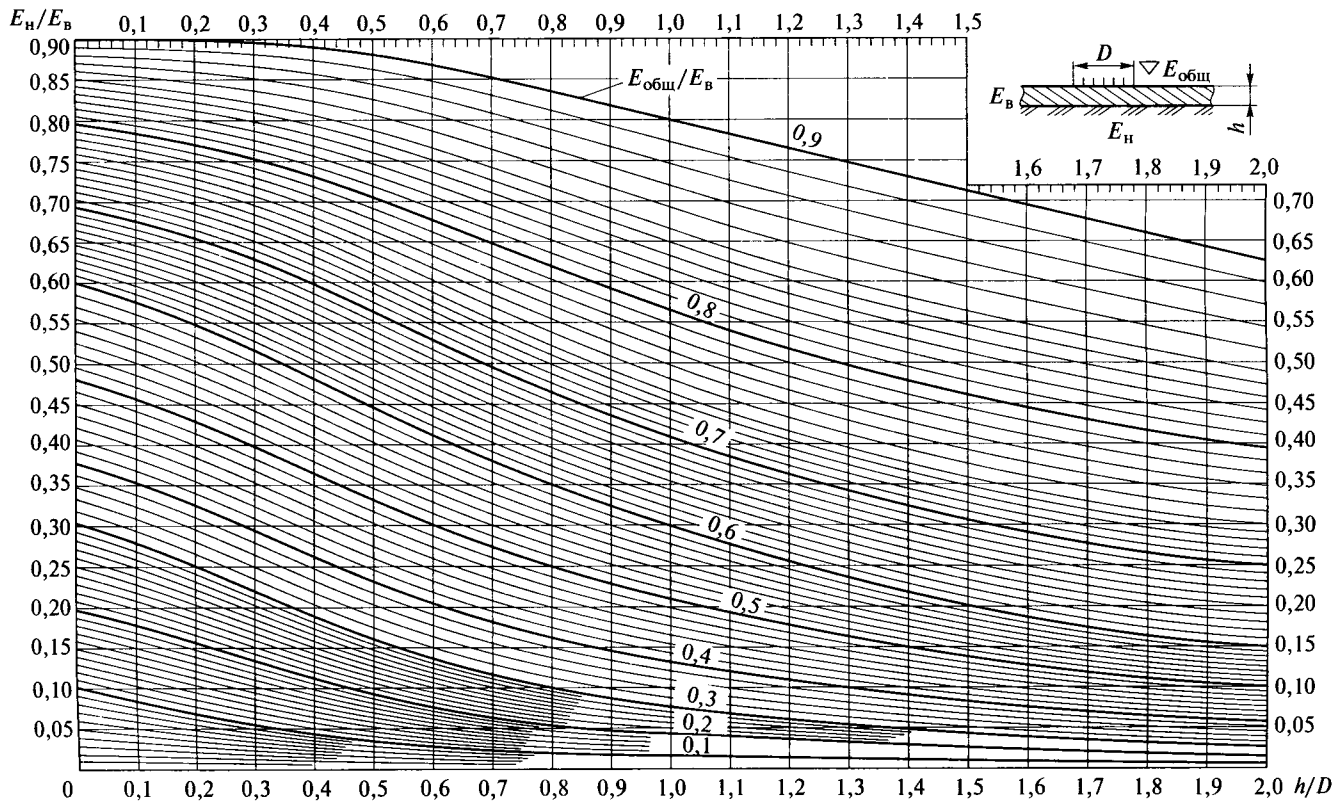


Рис. 7.12. Номограмма для расчета нежестких дорожных одежд автомобильных дорог

## Расчетные значения модуля упругости дорожно-строительных материалов

Материал	Модуль упругости, МПа
Асфальтобетон	700... 1 500
Черный щебень	600... 900
Черный гравий	500... 700
Укрепленные цементом: щебень	400... 700
песчано-гравийная смесь	300... 400
супесь	200... 400
суглинок	150... 250
Укрепленные органическими вяжущими: супеси	150... 250
суглинки	80... 150
Щебень	200... 450
Гравий подобранного состава, крупная смесь	200... 300
Гравий подобранного состава, мелкая смесь	160... 250
Песчано-гравийная смесь	150... 200
Песок крупнозернистый	130
Песок средний	120
Песок мелкий	100

Для лесовозных дорог табличные значения влажности следует увеличить: для 1-го типа местности на 0,1, для 2-го — на 0,12 и для 3-го — на 0,15.

Расчетные характеристики грунтов, мало зависящих от влажности, приведены в табл. 7.14.

**Расчет малосвязных слоев одежды и грунта земляного полотна по сдвигу.** Устойчивость дорожной одежды обеспечивается в том случае, если в малосвязных материалах дорожной одежды и в грунте земляного полотна не происходит сдвигов. Это условие выражается законом Кулона:

$$\tau_{\max} \leq \sigma \operatorname{tg} \varphi + c, \text{ или } t_{\max} - \sigma \operatorname{tg} \varphi \leq c; \quad (7.36)$$

левая часть неравенства называется активным напряжением сдвига  $T_{\text{ак}}$  и определяется по формуле

$$T_{\text{ак}} = \tau_{\max} - \sigma \operatorname{tg} \varphi = \bar{\tau} p + \tau_{\text{а.в}}, \quad (7.37)$$

## Расчетные значения модуля упругости грунтов земляного полотна, МПа

Грунт	Обозначения и измерения	Расчетные значения модуля упругости при влажности грунта в долях от влажности грунта на пределе текучести							
		0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
Супесь легкая	$E$ , МПа	60	56	5	49	45	43	42	41
	$\varphi$ , ...°	36	56	36	35	35	34	34	33
	$c$ , МПа	0,014	0,014	0,013	0,012	0,011	0,010	0,009	0,008
Песок пылеватый	$E$ , МПа	90	84	78	72	66	60	54	48
	$\varphi$ , ...°	38	37	37	36	35	34	33	32
	$c$ , МПа	0,024	0,022	0,018	0,014	0,012	0,011	0,010	0,009
Суглинки легкие и тяжелые, глины	$E$ , МПа	90	72	50	41	34	29	25	24
	$\varphi$ , ...°	27	24	21	18	15	13	11	10
	$c$ , МПа	0,036	0,030	0,024	0,019	0,015	0,011	0,009	0,006
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	$E$ , МПа	90	72	54	46	38	32	27	26
	$c$ , МПа	27	24	21	18	15	13	11	10
	$\varphi$ , ...°	0,036	0,030	0,024	0,016	0,016	0,013	0,008	0,005

Примечание.  $E$  — модуль упругости;  $\varphi$  — угол внутреннего трения;  $c$  — коэффициент сцепления.

## Расчетные значения среднемноголетней влажности грунтов

Зона и подзона	Тип местности	Среднее значение относительной влажности в долях от предела текучести			
		Супесь легкая	Песок пылеватый	Суглинки и глины	Супесь пылеватая, песок пылеватый
II <sub>1</sub>	1	0,60	0,62	0,65	0,70
	2	0,63	0,65	0,68	0,73
	3	0,65	0,67	0,70	0,75
II <sub>2</sub>	1	0,57	0,59	0,62	0,67
	2	0,60	0,62	0,65	0,70
	3	0,62	0,64	0,67	0,72
III	1	0,55	0,57	0,60	0,63
	2, 3	0,59	0,61	0,63	0,67

Расчетные характеристики песчаных грунтов

Грунт	Расчетные характеристики		
	Модуль упругости $E$ , МПа	Угол внутреннего трения $\varphi$ , ...°	Коэффициент сцепления $c$ , МПа
Песок: крупный средней круп- ности мелкий	130	42	0,005
	120	40	0,005
	100	38	0,005
Супесь легкая крупная	65	40	0,005

где  $\tau_{\max}$  — максимальное касательное напряжение, МПа;  $\sigma$  — нормальная составляющая напряжений на площадке, где действуют максимальные касательные напряжения, МПа;  $\varphi$  — угол внутреннего трения, ...°;  $c$  — коэффициент сцепления, МПа;  $\bar{\tau}$  — максимальное активное напряжение сдвига от расчетной временной нагрузки, МПа (рис. 7.13);  $\tau_{a,v}$  — активное напряжение сдвига от воздействия собственной массы дорожной одежды, МПа, определяемое по графику (рис. 7.14).

Сдвиг в грунте не произойдет при условии

$$k_{\text{пр}} \leq T_{\text{доп}}/T_{\text{ак}}, \quad (7.38)$$

где  $k_{\text{пр}}$  — нормированный коэффициент прочности (см. табл. 7.85);  $T_{\text{доп}}$  — допускаемое напряжение сдвига, МПа:

$$T_{\text{доп}} = ck_1k_2k_3, \quad (7.39)$$

где  $k_1$  — коэффициент, учитывающий воздействие на дорожную одежду колебаний, вызываемых подвижной нагрузкой ( $k_1 = 0,6$ );  $k_2$  — коэффициент запаса, учитывающий неоднородность условий работы, определяемый по графику (рис. 7.15), а при интенсивности движения менее 50 авт./сут  $k_2 = 1,23$ ;  $k_3$  — коэффициент, учитывающий свойства грунта, для песка  $k_3 = 5 \dots 7$ ; для крупной супеси и пылеватого песка  $k_3 = 3$ ; для глины  $k_3 = 1,5$ .

Значение среднего модуля упругости вышележащих слоев при использовании графика на рис. 7.13 вычисляют по формуле

$$E_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (7.40)$$

где  $n$  — число слоев;  $E_i$  — модуль упругости материалов  $i$ -х слоев, МПа;  $h_i$  — толщина каждого  $i$ -го слоя, м.

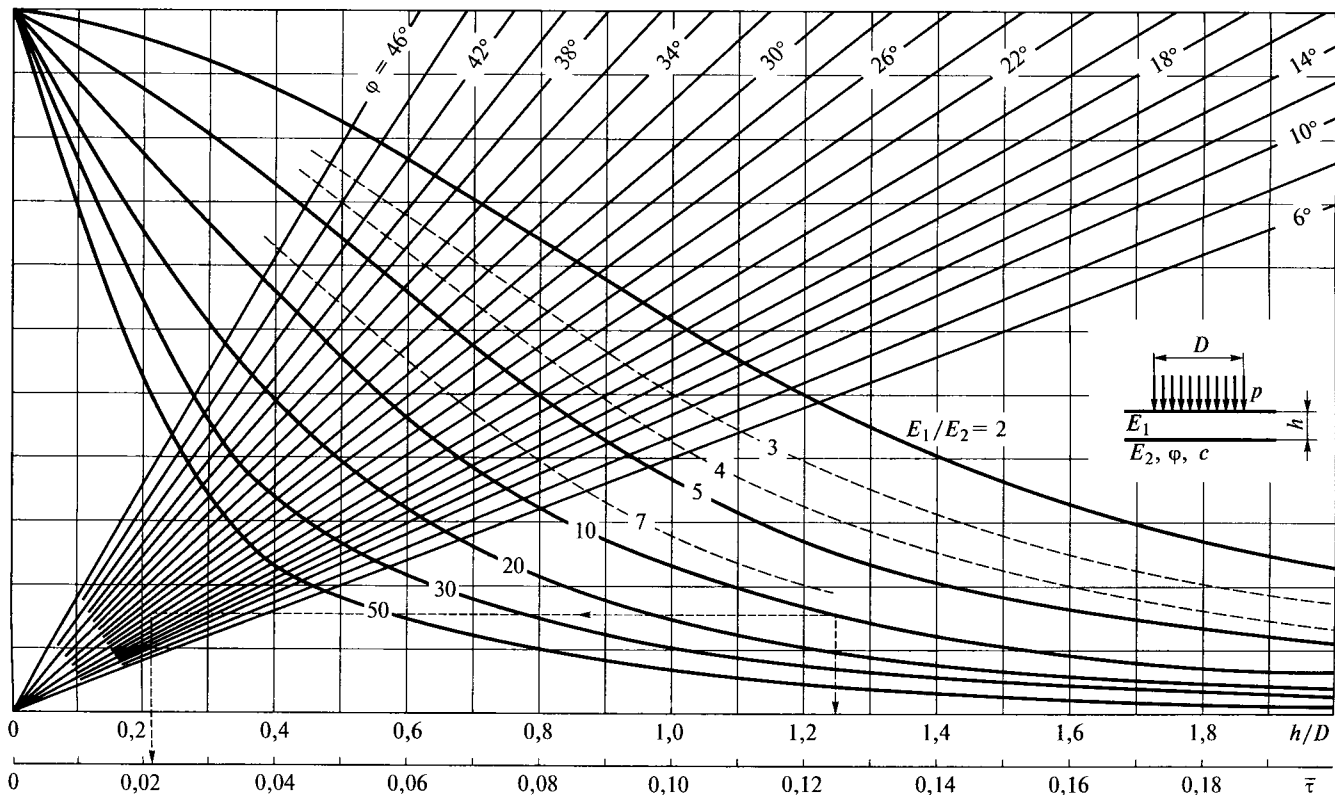


Рис. 7.13. Номограмма для определения активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной конструкции



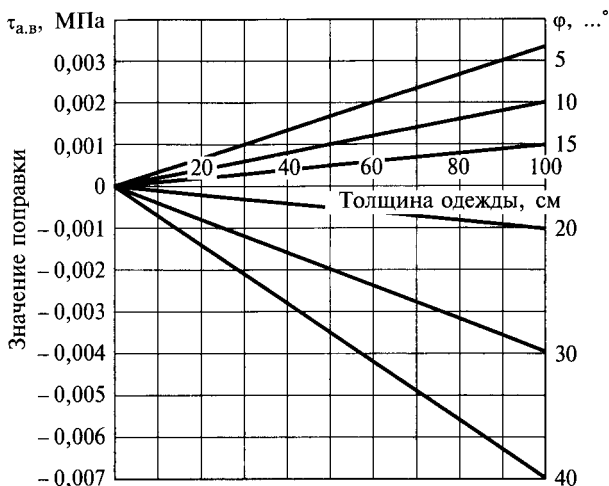


Рис. 7.14. Номограмма для определения активного напряжения сдвига от воздействия собственной массы дорожной одежды

Если неравенство (7.38) не выдерживается, увеличивают толщину какого-либо слоя и расчет повторяют. Аналогично выполняют расчет толщины каждого промежуточного слоя.

*Колейные дорожные одежды* на лесовозных дорогах строят в целях экономии дорожно-строительных материалов. Проезжая часть этих дорожных одежд представляет собой два колесопротока шириной обычно по 1 м.

*Колейные железобетонные дороги* строят при отсутствии каменных и гравийных материалов. Эти дороги имеют значительную стоимость, поэтому их строят при годовом грузообороте магистрали

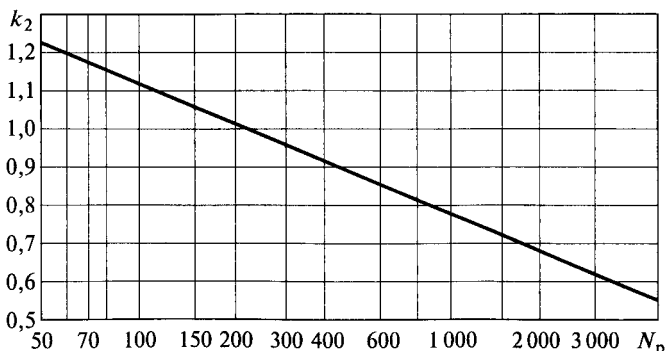


Рис. 7.15. График для определения коэффициента  $k_2$ , учитывающего неоднородность условий работы ( $N_p$  — число расчетных осей, проходящих по дорожному полотну в сутки)

200 тыс. м<sup>3</sup> древесины и более. Конструкция дорожной одежды обычно двухслойная: подстилающий слой делают из песка или песчано-гравийных смесей, покрытие — из сборных железобетонных плит (рис. 7.16). На полосе для движения порожнего транспорта устраивают улучшено-грунтовое покрытие или покрытие из песчано-гравийных материалов.

Подстилающий слой при супесчаных грунтах земляного полотна делают толщиной 15...20 см, а при суглинистых — 30...35 см. Основные параметры плит приведены в табл. 7.15.

*Деревалежные покрытия* в основном применяют на ветках и усах, а также на магистралях IV и V категорий в виде вставок при пересечении болот и сырых пониженных мест. Лежневые покрытия разделяют на три типа (рис. 7.17). На сухих участках применяют лежневое покрытие I типа. Шпалы представляют собой бревна диаметром  $d = 26...28$  см и длиной 3,7...4 м. Для скрепления элементов колесопроводов в шпале делают гнездо глубиной на половину ее диаметра. Укладывают шпалы с интервалом 0,8...1 м, колесопроводы устраивают из хлыстов или бревен диаметром в верхнем отрубе 12...22 см. Для колесопроводов также широко

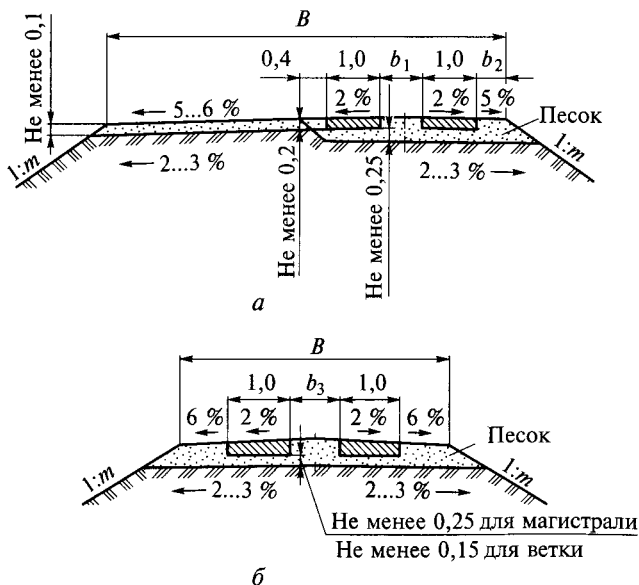


Рис. 7.16. Поперечные профили колеиных дорожных одежд с покрытиями из железобетонных плит (все размеры указаны в метрах):

*a* — на двухполосных дорогах:  $b_1 = 1$  м для автомобилей типа КраЗ и  $b_1 = 0,9$  м — типа МАЗ;  $b_2 = 1,5$  м для дорог II категории,  $b_2 = 1,0$  м для дорог III категории; *б* — на однополосных дорогах  $b_3 = b_1$ ; *B* — ширина проезжей части;  $\alpha$  — угол, опирающийся на трапециевидную плиту

## Основные параметры железобетонных плит колеиных покрытий

Марка плиты	Расчетный изгибающий момент, кН·м	Основные размеры, мм		Масса плиты, т	Рекомендуется применять при объемах вывозки, тыс. м <sup>3</sup> /год
		Длина	Высота		
ПД3-1, ПДТ3-1	16,5/15,3	3 000	140	0,82	До 250
ПД3-2, ПДТ3-2	17,1/16,3	3 000	140	0,90	251... 500
ПД3-3, ПДТ3-3	23,2/20,7	3 000	180	1,22	Более 500
ПД6-1, ПДТ6-1	16,0/17,2	6 000	120	1,60	251... 500
ПД6-2, ПДТ6-2	20,6/21,1	6 000	140	1,85	Более 500

Примечания: 1. Марка ПД3-1 означает: плита дорожная прямоугольная в плане, длина 3 м, 1-й несущей способности; буква «Т» означает, что плита трапециевидная в плане.

2. В числителе условной дроби приведены значения положительного изгибающего момента, в знаменателе — отрицательного, при загрузке автомобилем группы А и расчете по методике М. И. Горбунова-Посадова.

используют щиты ЛВ-11, скрепленные металлическими стяжками или деревянными нагелями.

Для участков с сырыми недренированными грунтами предназначено лежневое покрытие II типа. Конструкция лежневого покрытия этого типа отличается от I типа лишь тем, что шпалы укладывают не на поверхность земли, а на продольные лежни из хлыстов диаметром  $d = 12...14$  см, располагаемые через 0,9...1 м один от другого.

На заболоченных участках и болотах I и II типов применяют лежневое покрытие III типа. У этого типа основание усиливают поперечными лагами диаметром  $d = 12...14$  см и длиной до 7 м. Укладывают лаги с интервалом 0,75 м. Для создания усиленной опоры под лаги укладывают хворостяную выстилку из порубочных остатков толщиной 0,1...0,2 м и более.

*Деревогрунтовое покрытие (ДГП)* разработано кафедрой сухопутного транспорта леса СПбГЛТА. Эти покрытия нашли применение не только в лесозаготовительных предприятиях, но и в качестве построечных дорог при строительстве железнодорожных линий в таежной зоне. Деревогрунтовое покрытие применяют на

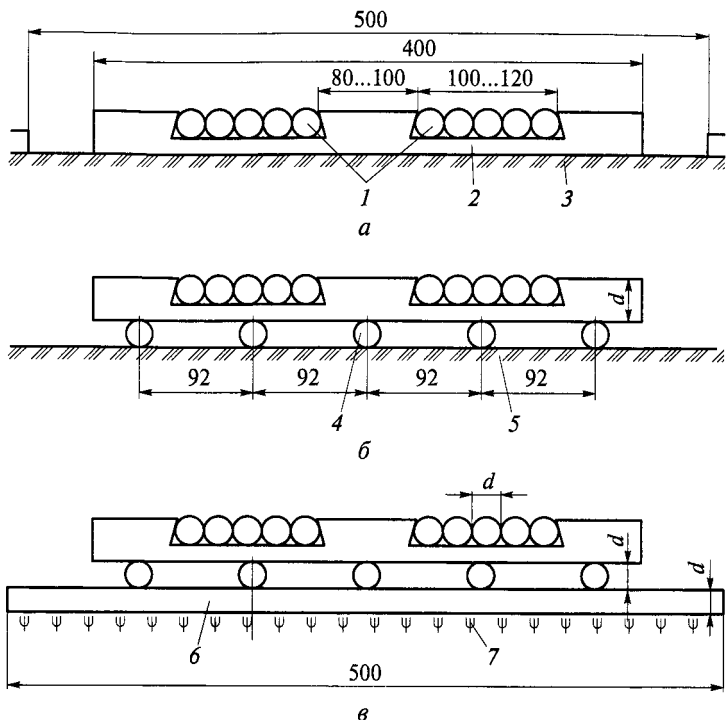


Рис. 7.17. Поперечные профили дереволежневых покрытий:

*a* — I типа на сухих грунтах; *б* — II типа на сырых недренированных грунтах; *в* — III типа на заболоченных участках и болотах I и II типов; 1 — колесопроводы; 2 — шпалы; 3 — спланированное грунтовое основание; 4 — продольные лежни из хлыстов; 5 — грунт с ненарушенным растительным покровом; 6 — поперечные лаги; 7 — торф

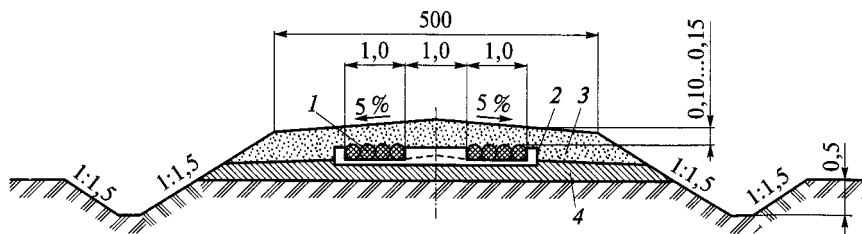


Рис. 7.18. Деревогрунтовые покрытия (все размеры указаны в метрах):

1 — колесопроводы из хлыстов; 2 — шпалы диаметром 24...30 см; 3 — слой засыпки из песка; 4 — местный грунт из канав

усах, ветках и магистральных IV и V категорий. Конструкция ДГП представляет собой продольный настил в виде двух колесопроводов из неокоренных хлыстов и слоя засыпки из дренирующих грунтов толщиной 10... 30 см (рис. 7.18). Колесопроводы необходимо крепить так, чтобы хлысты не раздвигались в стороны при засыпке. Для скрепления колесопроводов в большинстве случаев используют шпалы диаметром 24... 30 см, длиной 3,5... 3,7 м с вырезом двух гнезд на половину диаметра, в которые с глухой посадкой укладывают хлысты колесопроводов.

## **7.6. Временные лесовозные автомобильные дороги**

Временные дороги обычно строят без проектов. Трассу прокладывают по возможности по сухим возвышенным местам. Наибольшие продольные уклоны назначают такими же, как на ветках и магистральных, радиусы кривых в плане не менее 30 м (с колейным покрытием не менее 50 м). Конструкция усов зависит от типа автопоезда, грунтовых и гидрологических условий.

При прокладке дороги по местности I типа расчищают от ваlejника, кустов и подростa полосу шириной 5...6 м. Пни спиливают заподлицо с землей. Растительный слой не снимают (рис. 7.19, а).

Проезжая часть может быть усилена выстилкой из порубочных остатков, которые образуются при разрубке просеки под дорогу. Сначала на проезжую часть вдоль дороги укладывают вершинки, а затем поперек укладывают ветки комлями на внешнюю сторону. Уплотняют выстилку трелевочным трактором 6... 10 проходками. Толщина выстилки после уплотнения должна быть 15... 25 см. Для усиления проезжей части на выстилку укладывают слой песка или песчано-гравийной смеси толщиной 10... 20 см.

На местности II и III типов строят усы с профилированным земляным полотном. Усы без укрепления проезжей части представляют собой земляное полотно с канавами (рис. 7.19, б). Грунт из канав укладывают в тело насыпи. При необходимости на профилированный ус укладывают покрытие из песчано-гравийной смеси толщиной 10... 15 см и более. Покрытие придают поперечный уклон 5 %. Для придания прочности конструкции уса на основание под земляное полотно укладывают хворостяную подушку толщиной 10... 15 см. Хворостяная подушка в этом случае не только упрочняет конструкцию, но и является прослойкой, которая препятствует проникновению воды в грунт насыпи.

В особо сырых низких местах и на заболоченной местности следует применять сплошной поперечный настил или колейные деревянные покрытия.

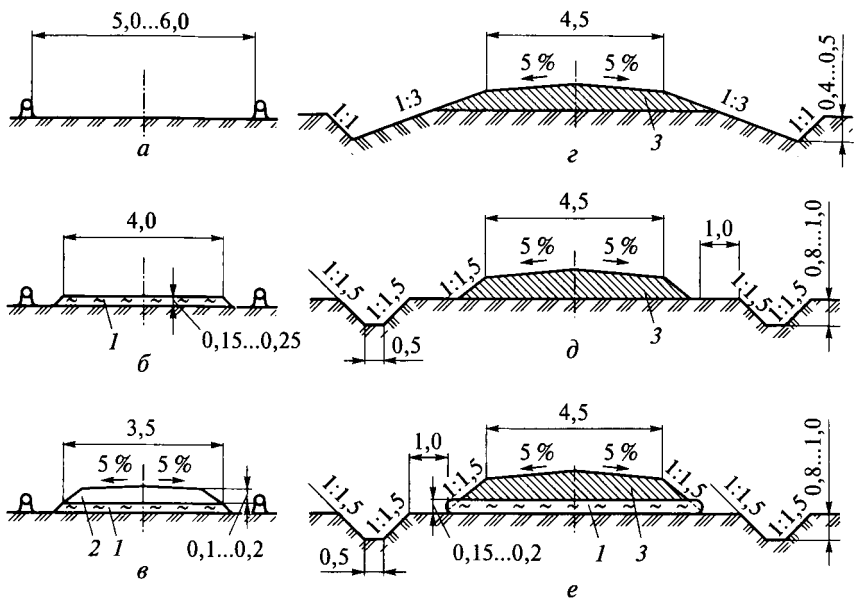


Рис. 7.19. Поперечные профили усов (все размеры указаны в метрах):  
 а, б, в — без устройства профилированного земляного полотна; з, д, е — с устройством профилированного земляного полотна; 1 — выстилка из порубочных остатков; 2 — песок или песчано-гравийная смесь; 3 — местный грунт из канав

*Сплошной поперечный настил* устраивают из дровяной древесины любых пород диаметром 14 см и более. Бревна настила укладывают на продольные лаги из хлыстов диаметром в верхнем отрубе от 12 см. Продольные лаги располагают на расстоянии 0,9... 1,0 м друг от друга. Ширина настила на усах 4... 4,5 м.

*Колейные деревянные покрытия на усах* представляют собой колесопроводы из деревянных инвентарных щитов. Щит имеет размеры в плане 1 × 6 м. Изготавливают щиты из двухкантных брусьев толщиной 0,18... 0,2 м или бревен диаметром 0,20... 0,22 м. Скрепляют брусья или бревна болтами или деревянными нагелями. Нагель представляет собой стержень диаметром 80 мм, остроганный на 8 граней. Длина стержня 1,05 м, отверстие под нагель делают диаметром 75 мм. Нагель загоняют гидравлическим прессом.

Широкое распространение получили щиты ЛВ-11, разработанные ЦНИИМЭ. На торцах щитов укреплены металлические сварные оголовники, к которым приварены проушины для шарнирного соединения щитов между собой. Отверстия под пальцы расположены на разном расстоянии, что позволяет укладывать щиты как на прямых, так и на кривых участках дороги (рис. 7.20). В табл. 7.16 приведены характеристики деревянных щитов для усов.

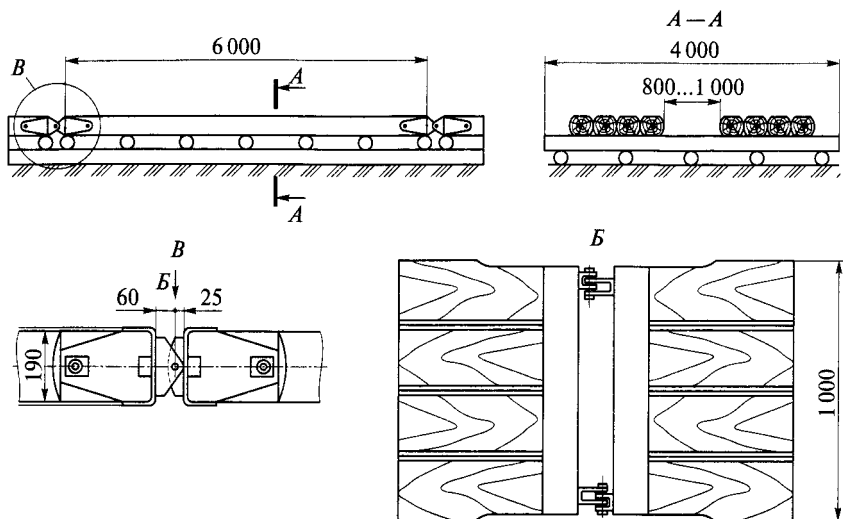


Рис. 7.20. Конструкция уса из деревянных инвентарных щитов ЛВ-11

Основание под щиты готовят так же, как у лежневых дорог. Под каждую пару щитов укладывают две стыковые шпалы диаметром 30...32 см. В шпалах делают гнезда под щиты глубиной на половину диаметра. Между стыковыми шпалами укладывают 4—5 промежуточных шпал диаметром 14...16 см и длиной 3,7...4 м.

Таблица 7.16

#### Технические характеристики деревянных инвентарных щитов

Показатель	Щиты			
	Бревенчатые	ВО-158	ЛВ-11	Нагельные
Габаритные размеры, м	6,0×1,0×0,2	6,0×1,0×0,2	6,0×1,0×0,2	6,0×1,0×0,2
Масса щита, кг	700	700	750	700
Число щитов на 1 км, шт.	334	334	330	334
Расход материалов на 1 км: древесины, м <sup>3</sup>	432	485	432	458
металла, т	2,8	3,7	13,0	—
Число перекладок	5	6—8	10	6

## 7.7. Проектирование зимних лесовозных автомобильных дорог

Значительная часть лесного фонда расположена в зоне избыточного увлажнения, где целесообразно применять зимние лесовозные дороги. Отличительными особенностями зимних дорог являются низкая стоимость строительства (в 5—10 раз дешевле дорог круглогодочного действия); возможность прокладки их по сырым, заболоченным территориям; меньшее сопротивление движению, в связи с чем возможно использование автопоездов с повышенной нагрузкой и более высокими скоростями движения; низкие эксплуатационные затраты на вывозку.

Поэтому лесосырьевые базы делят на зоны летнего и зимнего освоения. К зонам зимнего освоения относят лесные массивы с переувлажненными и заболоченными грунтами, где строительство дорог круглогодочного действия обходится особенно дорого.

В зависимости от вида покрытия зимние дороги разделяют на снежно-уплотненные, снежно-ледяные и ледяные на снежном или грунтовом основании.

Покрытие *снежно-уплотненных дорог*, как простейших, представляет собой уплотненный слой снега на спланированном земляном основании. Такие дороги быстро выходят из строя в весеннее время и могут быть рекомендованы только для освоения небольших лесных массивов. Незначительного продления срока службы снежных дорог можно добиться постоянным перемешиванием и уплотнением снежного покрытия в течение зимы.

*Снежно-ледяные дороги* получают периодической поливкой снежно-уплотненных покрытий. На этих дорогах снег не счищают, а уплотняют по мере выпадения и поливают водой. При замерзании образуется материал, получивший название снеголед. Плотность его  $0,7 \dots 0,8 \text{ г/см}^3$ . Твердость 1,2 МПа у снегольда сохраняется при температуре  $2^\circ\text{C}$ . Таким образом, к концу зимы накапливается слой снегольда толщиной до 50 см, что обеспечивает удлинение сезона зимней вывозки на 8—10 дней.

*Ледяные дороги* строят на земляном основании в районах с малоснежной и длительной зимой. Ледяные дороги эксплуатируют на 12—15 дней больше, чем снежно-уплотненные.

Ледяное и снежно-ледяное покрытие создают за счет поливки проезжей части дороги водой на всю ширину, а также тепловой обработкой снега с одновременным уплотнением. Для этого созданы специальные снегоуплотняющие машины с тепловой обработкой, которые за 1—2 прохода создают ровное снежно-ледяное покрытие.

На зимние лесовозные дороги также распространяются требования норм проектирования, как и на дороги летнего действия.



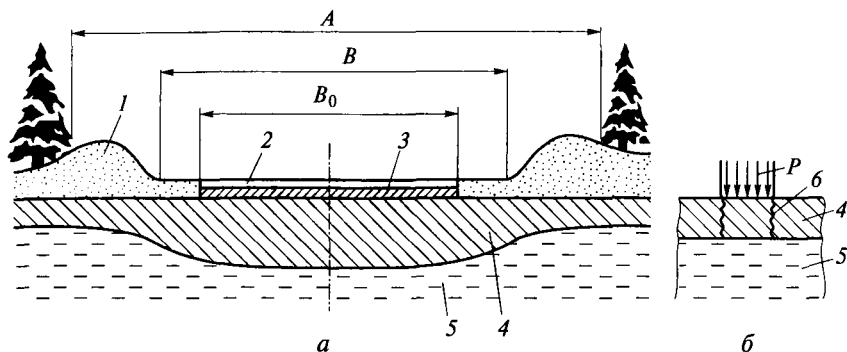


Рис. 7.21. Поперечный профиль ледяной дороги:

*a* — конструкция пути; *б* — расчетная схема; 1 — снежный вал; 2 — слой изолирующего материала; 3 — лед; 4 — мерзлый грунт; 5 — талый грунт; 6 — линия среза; *P* — нагрузка от колеса автомобиля; *A* — ширина полосы отвода; *B* — ширина дороги; *B*<sub>0</sub> — ширина проезжей части

Для лучшего использования положительных свойств зимних дорог значения руководящего уклона ледяных дорог назначают не более 30 ‰, а при применении многокомплектных поездов — не более 20 ‰. Максимальный спуск рассчитывают, как и на летних дорогах, по формуле (4.94), но расчетную скорость принимают не более  $0,5v_p$ . Радиусы кривых на магистралях принимают не менее 600 м, на ветках — 400 и не менее 150 м — на усах. Зимние дороги обычно проектируют двухполосными, в одной или отдельных просеках. Ширину земляного полотна принимают равной 8 м для двухполосных дорог, 5 м — для однополосных (при двухкомплектных поездах соответственно 10 и 6 м). Ширину просеки принимают 12... 14 м для двухполосных и 8 м для однополосных дорог, 6 м — на усах. Дорогу проектируют в нулевых отметках и только в исключительных случаях (например, при пересечении водотоков) могут проектировать насыпи и выемки. На заболоченных участках производят только срезку кочек и планировку поверхности. На болотах с толщиной торфа более 1 м производят прощипывание дровяной древесиной, а на болотах с толщиной торфа более 2 м рекомендуют устраивать сплошной поперечный настил.

Ледяные покрытия (рис. 7.21) устраивают, как правило, на земляном основании. Толщина мерзлого грунта *h*, см, при котором может быть открыто движение, определяется величиной предела прочности мерзлого грунта на срез (рис. 7.21, б):

$$h = Dpk / (4\sigma_{ср}), \quad (7.41)$$

где *D* — диаметр следа колеса автомобиля, см; *p* — давление колеса автомобиля на дорогу, МПа; *k* — коэффициент динамичности,  $k = 1,3$ ;  $\sigma_{ср}$  — предел прочности грунта на срез,  $\sigma_{ср} = 0,5 \dots 0,6$  МПа.

В районах, где бывают оттепели, толщина снеговья  $h_{\min}$  должна быть наращена до величины, определяемой по формуле А. П. Кашникова:

$$h_{\min} = 0,73\sqrt{ct_{\text{от}}},$$

где  $c$  — средняя положительная температура во время оттепелей, °С;  $t_{\text{от}}$  — продолжительность оттепели, ч.

К концу зимы слой льда или снеговья должен быть не менее 30 см. Для экономии воды ширину ледяного покрытия устанавливают 6...8 м для двухполосных дорог и 3...3,5 м — для однополосных.

Чтобы не нарезалась колея, твердость снега в покрытии должна быть не менее 1,2 МПа. Твердость снега зависит не только от его плотности, но и от его температуры. Снежное покрытие плотностью 0,50...0,55 г/см<sup>3</sup> сохраняет требуемую твердость (1,2 МПа) при температуре -4 °С и ниже, снег плотностью 0,56...0,65 г/см<sup>3</sup> — при 2 °С и 0,66...0,70 г/см<sup>3</sup> — при температуре 1 °С. Поэтому уплотнение снега в покрытии имеет большое значение для обеспечения надежной эксплуатации зимних дорог.

Лед образуется при замерзании воды, приобретает твердое кристаллическое состояние. Плотность чистого льда при температуре 0 °С составляет 0,917 г/см<sup>3</sup>. Разрушение льда от сжатия при температуре 0 °С наступает при напряжении 1,6...4 МПа, а при температуре -12 °С — при напряжении 3,7...4,6 МПа.

Для продления работы дороги на срок до 10 дней и более хорошие результаты дает укладка на покрытие слоя теплоизолятора. В качестве теплоизолятора используют опилки, порубочные остатки, торф, мох, некондиционную щепу, снег. Часто используют вмораживание слоя опилок в покрытие. Толщина слоя, вмораживаемого за один прием, составляет 1,5...2 см. Необходимую толщину опилок (обычно 10 см) создают за несколько приемов. Достоинство вмораживания состоит в том, что опилки не сдуваются на обочины при проходе лесовозов. Хорошо сохраняются весной участки дорог, располагающиеся в узких просеках, в направлении запад-восток.

В зимний период через реки и озера устраивают *ледяные переправы*. Для безопасного съезда с берега на лед делают специальные сооружения-съезды (рис. 7.22).

Для устройства переправы выбирают плесовой участок реки со скоростью течения воды до 1 м/с с невысокими пологими берегами. Переправу устраивают по прямой линии, перпендикулярной реке. Не допускается устройство переправ в местах, где вода заполняет пробитую во льду лунку менее чем на 0,9 толщины льда, так как в противном случае может быть зависание льда.

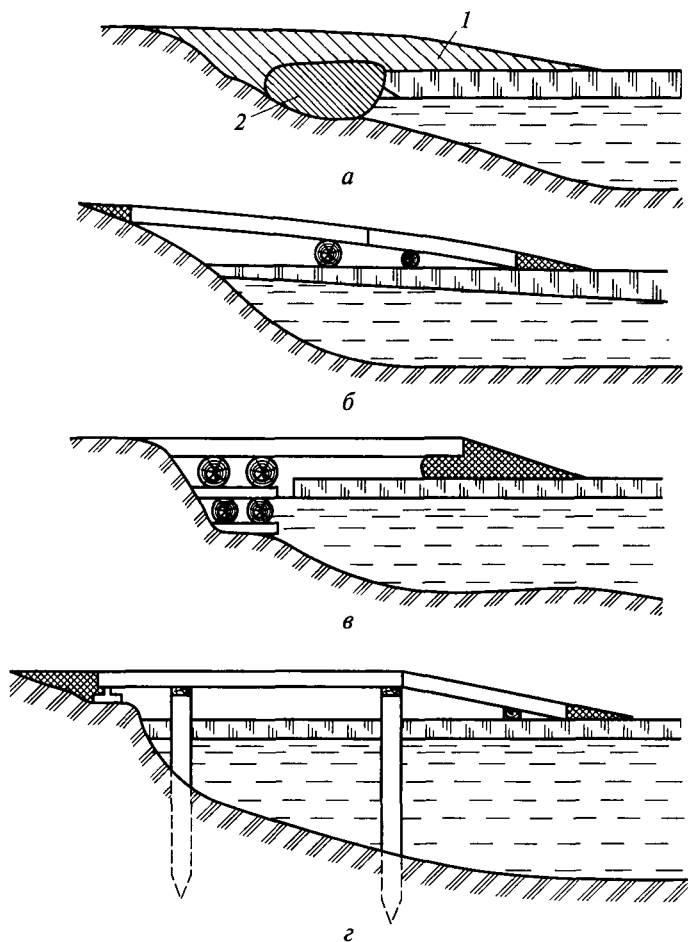


Рис. 7.22. Конструкции съездов на ледяных переправах:

*a* — снежно-хворостяная гать: 1 — слой уплотненного снега и хвороста; 2 — фашины; *б* — с лежнем на льду; *в* — с клеткой на берегу; *г* — балочная эстакада

Необходимую толщину льда  $h_{тр}$ , м, на переправе для одиночного автомобиля определяют по формуле М. М. Корунова:

$$h_{тр} = a\alpha\sqrt{Q}, \quad (7.42)$$

где  $a$  — коэффициент, учитывающий изменение прочности льда в зависимости от средней температуры за последние 3 сут ( $a = 1$  при  $t = 10^\circ\text{C}$  и ниже,  $1,1$  — при  $t = -5^\circ\text{C}$  и  $1,4$  — при  $t = 0^\circ\text{C}$ );  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий вид ходовой части транспортного средства ( $\alpha = 0,11$  для колесного и  $\alpha = 0,09$  для гусеничного);  $Q$  — масса автопоезда, т.

В формуле (7.42) учитывается лед хорошего качества, приведенная толщина которого  $h$ , см, определяется по формуле

$$h = [h_1 + 0,5(h_2 + h_3)]k_1k_2, \quad (7.43)$$

где  $h_1$  — толщина прозрачного льда;  $h_2$  — толщина мутного льда;  $h_3$  — толщина намороженного льда;  $k_1$  — коэффициент, учитывающий структуру льда (при раковистой структуре — 1, при игольчатой — 0,67);  $k_2$  — коэффициент, учитывающий температуру воздуха (при отрицательной температуре  $k_2 = 1$ ; при положительной температуре  $k_2 = 0,8$  и менее).

Для ускорения начала движения по переправе ледяной покров можно усилить намораживанием льда. За сутки при температуре  $t = -15 \dots -20$  °С можно намораживать слой льда толщиной 8...10 см, слоями 0,5...1,0 см. Время, в течение которого расчищенная от снега торфяная залежь или водоем промерзнут на требуемую толщину, приближенно можно определить по формуле

$$\tau = \frac{\alpha\omega + 100b}{t_B} (H^2 + cH), \quad (7.44)$$

где  $\omega$  — содержание льда в мерзлом грунте (800...900 кг/м<sup>3</sup> для торфа и 1 000 кг/м<sup>3</sup> для воды);  $a, b, c$  — коэффициенты, для торфяной залежи  $a = 2,4, b = 1,0, c = 0,5$  при  $H = 0,1 \dots 0,25$  м; для водоемов  $a = 1,0, b = 0,5, c = 0,3$  при  $H = 0,25 \dots 0,3$  м, где  $H$  — минимальная толщина слоя льда или грунта, при которой начинают расчистку снега;  $t_B$  — ожидаемая среднемесячная температура начала зимнего периода, °С.

При определении необходимой толщины льда на переправе для автопоезда следует пользоваться табл. 7.17.

Скорость движения автопоездов на переправе ограничивается 10; 20; 30 км/ч соответственно при глубинах воды в 1,2; 2,5; 6,5 м во избежание появления опасного резонанса. Расстояние между поездами должно быть  $l \geq 5\sqrt{Q}$ , но не менее 50 м, где  $Q$  — масса поезда в тоннах. Встречное движение на переправе не допускается.

Таблица 7.17

**Минимальная толщина плотного слоя льда на переправе**

Переправа для автопоезда	Масса автопоезда, т						
	5	10	15	20	25	30	40
	Толщина льда, см						
Без настила	35	45	55	65	75	85	100
С устройством настила	20	30	35	42	50	55	65

Ожидаемую толщину льда  $h_{\text{ож}}$ , см, определяют по формуле

$$h_{\text{ож}} = a\sqrt{t}, \quad (7.45)$$

где  $a$  — коэффициент, зависящий от условий льдообразования (под снегом, при медленном течении  $a = 0,027$ , быстром течении —  $0,02$ , а при отсутствии снежного покрова —  $0,0317$ );  $t$  — сумма отрицательных среднесуточных температур за расчетный период, °С.

Могут быть рекомендованы два метода усиления льда переправы: намораживание льда и укладка лежневого настила. Намораживание дополнительного слоя льда проводят, когда температура достигла  $-10$  °С и в последующие сутки предполагается, что она будет понижаться. На кромках проезжей части укладывают подтоварник или валики из уплотненного снега. Такие борта будут препятствовать разливу воды за пределы проезжей части.

Общая толщина намороженного льда не должна превышать  $2/3$  толщины естественного ледяного покрова. Намороженный лед менее прочен, чем естественный, поэтому рассчитывают его приведенную толщину по формуле (7.43).

Для упрочнения льда может быть использовано вмораживание в лед жердей или горбыля. Жерди длиной 6 м укладывают через 50...70 см с последующей утрамбовкой и поливкой водой. Наиболее эффективные результаты усиления обеспечиваются при устройстве настилов различной конструкции.

## 7.8. Особенности проектирования лесовозных узкоколейных железных дорог

Лесовозные узкоколейные железные дороги (УЖД) в зависимости от годового объема вывозки разделяют на три категории: I категория — объем вывозки 600 тыс. м<sup>3</sup> и более, II — от 251 до 600 и III категория — до 250 тыс. м<sup>3</sup>. Расчетную максимальную скорость движения поездов на лесовозных УЖД принимают на магистралях I и II категорий 50 км/ч, III категории — 40, на ветках — 25 и на усах — 10 км/ч.

Преимуществами железных дорог являются незначительное удельное сопротивление движению (30...40 Н/т), как следствие, меньший удельный расход топлива; независимость условий движения от времени года, что создает возможность ритмичной работы. Лесовозные железные дороги имеют ограниченную пропускную способность, для однопутных УЖД — 20—25 пар поездов в сутки.

**Пропускная способность дороги.** Требуемая пропускная способность дороги определяется по формуле

$$N_{\text{тр}} = N_{\text{л}} + N_{\text{р}} + N_{\text{п}} + N_{\text{с}} + N_{\text{х}}, \quad (7.46)$$

где  $N_{\text{л}}$ ,  $N_{\text{р}}$ ,  $N_{\text{п}}$ ,  $N_{\text{с}}$ ,  $N_{\text{х}}$  — требуемое число пар поездов соответственно линейных, рабочих (доставка рабочих), пассажирских, строительных и хозяйственных.

Число линейных пар поездов определяют по формуле

$$N_{\text{л}} = Q_{\text{г}}k/(AQ_{\text{пол}}), \quad (7.47)$$

где  $Q_{\text{г}}$  — объем годового грузооборота дороги,  $\text{м}^3$ ;  $k$  — коэффициент неравномерности грузовых перевозок,  $k = 1,2$ ;  $A$  — число рабочих дней в году;  $Q_{\text{пол}}$  — полезный объем нагрузки на поезд,  $\text{м}^3$ . Величины  $N_{\text{р}}$ ,  $N_{\text{п}}$ ,  $N_{\text{с}}$  и  $N_{\text{х}}$  определяют исходя из потребности лесозаготовительных предприятий и местных условий.

Пропускная способность УЖД зависит от времени занятия самого трудного перегона. *Перегоном* называют участок дороги между двумя смежными раздельными пунктами: разъездами, станциями и погрузочными пунктами. Пропускная способность рассчитывается по формуле

$$N = 1440/(t_1 + t_2 + \tau_1 + \tau_2), \quad (7.48)$$

где 1440 — коэффициент пересчета минут в сутки;  $t_1$  и  $t_2$  — время движения поезда по перегону в грузовом и порожнем направлениях, мин;  $\tau_1$  и  $\tau_2$  — интервалы времени, необходимые для приема и отправления поездов, мин.

Зная требуемую пропускную способность, можно установить интервал времени, который нельзя превысить ни на одном перегоне:

$$t_1 + t_2 = \frac{1440}{N_{\text{тр}}} - (\tau_1 + \tau_2). \quad (7.49)$$

Расположение раздельных пунктов определяют уже в процессе трассирования дороги.

*Раздельные пункты* (центральная станция, промежуточные станции, разъезды) размещают на горизонтальных площадках с уклоном не более 1,5 ‰. В трудных условиях может быть допущен уклон 3 ‰. Длина площадки для разъезда должна быть больше длины поезда на 220 м, станции — 250 м. Ширина площадки для разъезда 100 м, для станции 150...250 м. Станции и разъезды следует располагать на прямых участках пути. В трудных условиях допускаются кривые, радиусом не менее 300 м.

**Особенности проектирования плана и продольного профиля лесовозных УЖД.** Радиусы круговых кривых назначают в пределах 600...2000 м. В трудных условиях допускаются минимальные радиусы: на магистрали I категории — 300/200; II категории — 200/150; III категории — 150/100; на ветках — 150/80; на усах —

100/60 м (в числителе — в трудных условиях, в знаменателе — в особо трудных). Переходные кривые предусматривают на кривых радиусом 600 м и менее. На усах переходные кривые не предусматривают.

Для предотвращения схода подвижного состава с рельсов между кривыми проектируют прямые вставки. Минимальная длина прямых вставок на путях I категории для кривых, направленных в одну сторону, должна быть 45 м, для кривых, направленных в разные стороны, — 30 м; для путей II и III категорий и веток — 25 и 15 м соответственно.

Значения уклонов рассчитывают по формулам, приведенным в гл. 4. Руководящий уклон на дорогах I и II категорий в равнинной и слабохолмистой местности принимают не более 12 ‰, III категории — 15 ‰. В холмистой местности эти значения могут быть увеличены до 20 и 25 ‰, а в горной местности — до 40 ‰.

*Вертикальные кривые* на УЖД предусматривают при алгебраической разности смежных участков профиля 6 ‰ и более радиусом не менее 5 000 м для путей I категории; 8 ‰ с радиусом не менее 2 000 м для дорог II и III категорий и веток. Продольный профиль следует проектировать элементами возможно большей длины. Наименьшая длина элемента (шаг проектирования) должна быть не менее половины длины поезда, но не менее 100 м на магистрали и 50 м на ветке. Наибольшая алгебраическая разность сопрягаемых уклонов и наименьшая длина разделительных площадок по нормам СН 251—78 приведены в табл. 7.18.

Таблица 7.18

**Наибольшая алгебраическая разность сопрягаемых уклонов и наименьшая длина разделительных площадок на УЖД**

Величина	Масса поезда брутто, т				
	Более 500	300... 500	200... 300	150... 200	Менее 150
Наибольшая алгебраическая разность сопрягаемых уклонов, ‰: в углублениях	3	4	6	10	14
	4	6	9	14	20
на возвышениях					
Наименьшая длина разделительных площадок, м	200/150	150/100	100/75	75/50	50

Примечание. В числителе указана длина разделительных площадок в углублениях и на уступах продольного профиля, в знаменателе — длина разделительных площадок на возвышениях продольного профиля.

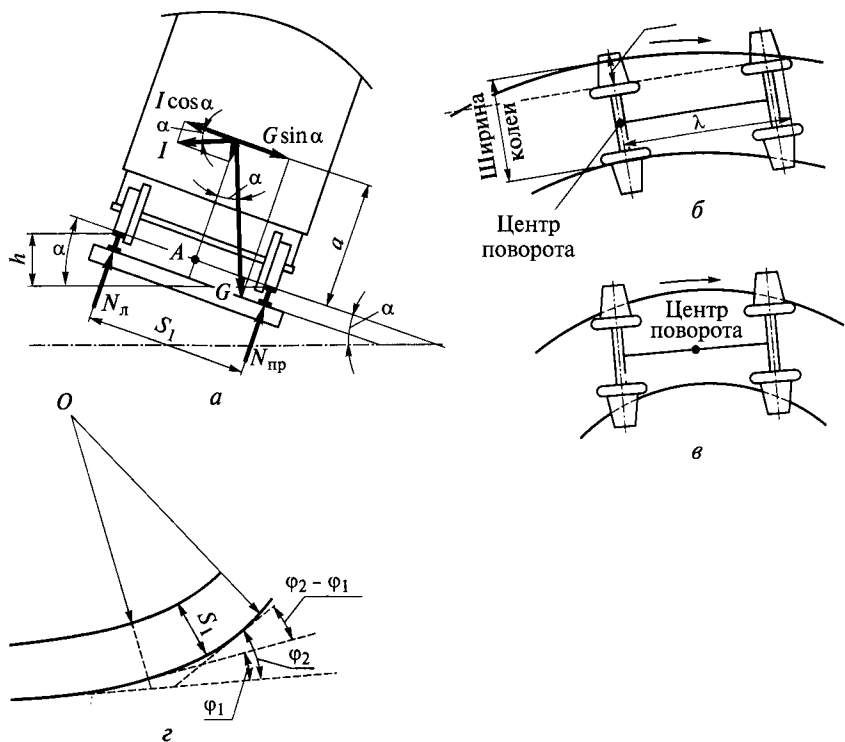


Рис. 7.23. Путь в кривых:

*a* — схема сил, действующих в кривой при возвышении наружного рельса; свободное (*б*) и заклиненное (*в*) вписывание подвижного состава в кривую; *г* — схема для определения числа укороченных рельсов

Ширина земляного полотна УЖД: I категории — 4,0/3,8; II — 3,8/3,6, III — 3,5/3,3, ветки со сроком службы более 5 лет — 3,0/2,7; ветки со сроком службы до 5 лет и усы — 2,7/2,4 м (числитель — для недренирующих грунтов, знаменатель — для дренирующих). Ширину земляного полотна на кривых увеличивают с наружной стороны на 0,2 м на дорогах I и II категорий при радиусах кривых  $R = 600$  м, а на дорогах III категории и ветках — при  $R \leq 300$  м. На усах ширину земляного полотна не увеличивают.

**Устройство железнодорожного пути на кривых.** Особенности устройства железнодорожного пути на кривых является возвышение наружного рельса, применение укороченных рельсов, уширение колеи.

*Возвышение наружного рельса* выполняют для предотвращения опрокидывания подвижного состава и для обеспечения равномерного износа колес и рельсов.



Возвышение наружного рельса  $h$  определяют из условия равенства нормальных реакций правого и левого рельсов  $N_{\text{пр}} = N_{\text{л}}$  (рис. 7.23, а).

Запишем сумму моментов относительно точки А:

$$(I \cos \alpha - G \sin \alpha) a = (N_{\text{пр}} - N_{\text{л}}) \frac{S_1}{2}, \quad (7.50)$$

где  $I$  — центробежная сила, Н;  $\alpha$  — угол наклона пути, ...°;  $G$  — сила тяжести экипажа, Н;  $a$  — расстояние от плоскости верха рельсов до центра тяжести экипажа, м;  $S_1$  — расстояние между осями рельсов, м.

Принимая  $N_{\text{пр}} = N_{\text{л}}$  и подставив значение  $I = Gv^2/R$  и  $\sin \alpha = h/S_1$ , получим

$$h = S_1 v^2 / (gR), \quad (7.51)$$

где  $v$  — скорость движения поезда, м/с;  $R$  — радиус кривой, м.

Полученное при расчете возвышение наружного рельса округляют до 5 мм. Отвод возвышения делают на переходной кривой, а если ее нет, то на прямом участке пути до начала кривой. Уклон отгона принимают равным  $i_{\text{от}} = 1\text{‰}$ , в стесненных условиях — 2... 3 ‰. Протяженность отгона вычисляют по формуле

$$l_{\text{от}} = h / i_{\text{от}}, \quad (7.52)$$

где  $h$  — возвышение наружного рельса, м;  $i_{\text{от}}$  — уклон отгона, ‰.

*Применение укороченных рельсов на кривой* связано с тем, что длина наружной и внутренней нитей на кривой различна, а стыки должны располагаться по наугольнику, т. е. быть друг против друга. Для любого вида кривой на отрезке в пределах угла  $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$  (рис. 7.23, в) внутренняя нить будет короче наружной на величину

$$E = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \rho_{\text{н}} d\varphi - \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \rho_{\text{в}} d\varphi, \quad (7.53)$$

где  $\rho_{\text{н}}$  и  $\rho_{\text{в}}$  — радиусы кривизны по наружной и внутренней нитям.

Следовательно, при  $\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}} = S_1$  величину  $E$  определяют по формуле

$$E = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} S_1 d\varphi = S_1 (\varphi_2 - \varphi_1) = S_1 \varphi, \quad (7.54)$$

где  $S_1$  — расстояние между осями головок рельсов на кривой. Как известно, для переходных кривых  $\varphi = l_{\text{п}}^2 / (2C)$  и для круговой кривой  $\varphi = l_{\text{кр}} / R$ . Здесь  $l_{\text{п}}$  и  $l_{\text{кр}}$  — длины переходной и круговой кривых;  $C$  — параметр переходной кривой;  $R$  — радиус круговой кривой, м.

Таким образом, искомое укорочение определяется как сумма укорочений на переходной ( $E_{п.к}$ ) и круговой ( $E_{кр}$ ) кривых по формуле

$$E = 2E_{пк} + E_{кр} = S_1 (l_{п}^2/C + l_{кр}/R) = S_1 (l_{п}^2/C + \pi\alpha/180). \quad (7.55)$$

Требуемое число укороченных рельсов  $N = E/a$ , где  $a$  — величина стандартного укорочения рельса, для УЖД  $a = 125$  мм. Укороченные рельсы укладывают на внутренней нити равномерно по эпюре в зависимости от длины кривой.

*Уширение колеи* делают на кривых малых радиусов для обеспечения вписывания тележек подвижного состава. Значение уширения рассчитывают по формуле

$$\phi = \lambda^2/(2R), \quad (7.56)$$

где  $\lambda$  — база тележки подвижного состава, м;  $R$  — радиус кривой, м.

Значение уширения при  $R = 100$  м — 10 мм, при  $R = 200$  м — 5 мм, т. е. ширина колеи должна быть 760 и 755 мм соответственно. При уширении отодвигается внутренняя нить рельсов. Отвод уширения производят по 1 мм на 1 м пути на переходной кривой, а при ее отсутствии на прямом участке пути до начала круговой кривой.

**Устройство железнодорожного пути на усах.** Руководящий уклон на усах назначают с учетом рельефа местности, но не более 40 ‰. Смежные элементы продольного профиля могут сопрягаться без вертикальных кривых. Наименьшее значение радиуса кривой в плане 100 м, в трудных условиях — 60 м. Переходные кривые и прямые вставки между кривыми не устраивают. Погрузочные пункты в трудных условиях могут располагаться на путях с уклоном, но не более 6 ‰.

Путь на усах имеет упрощенную конструкцию, чаще всего без профилирования земляного полотна и без баллаستировки. На песчаных и каменистых грунтах, сухих минеральных грунтах на водоразделах и склонах возвышенностей делают спланированное грунтовое основание и на него укладывают рельсошпальную решетку. На мокрых грунтах рельсошпальную решетку укладывают на продольные лаги, под которыми может быть устроена хворостяная выстилка толщиной в плотном виде 0,1...0,2 м. Корчевку пней не делают.

В зимний период усы большей частью устраивают на снежном основании, которое предварительно уплотняют.

**Соединение железнодорожных путей.** К соединениям относят стрелочные переводы, съезды, стрелочные улицы, петли и треугольники. Основным устройством для соединения путей на лесовозных УЖД является стрелочный перевод.

Стрелочный перевод состоит из стрелки, крестовины, соединительных путей и комплекта переводных брусьев (рис. 7.24). Стрелка представляет собой два рамных рельса длиной 5...5,5 м, два подвижных остряка длиной 2,5...3,5 м и переводной меха-

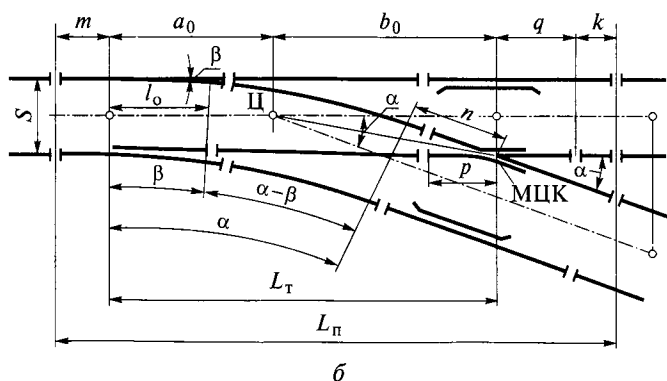
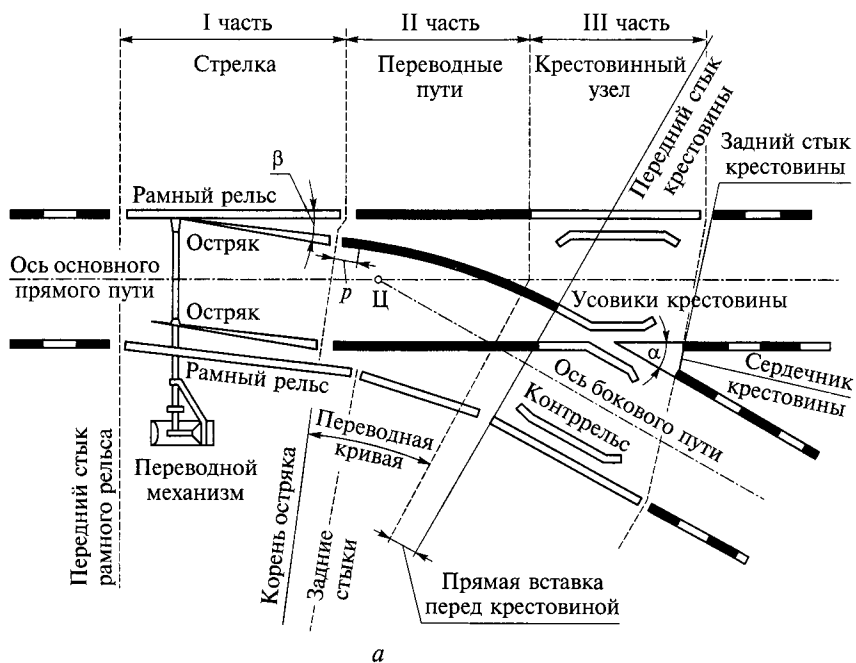


Рис. 7.24. Односторонний стрелочный перевод:

*a* — схема устройства перевода; *б* — расчетная схема перевода;  $a_0$  — расстояние от начала остряков до центра стрелочного перевода;  $b_0$  — расстояние от центра стрелочного перевода до математического центра крестовины;  $l_0$  — длина остряка; Ц — центр стрелочного перевода; МЦК — математический центр крестовины

низм. Рабочая грань остряка примыкает к рамному рельсу под углом  $\beta$ , который называют стрелочным углом. Остряки скреплены между собой тягой, которая соединяется с переводным механизмом, установленным на двух длинных брусьях (2,8...3,2 м).

*Крестовина* состоит из сердечника, усювиков и контррельсов. Угол, образуемый рабочими гранями сердечника, называют углом крестовины  $\alpha$ , точки пересечения этих граней — математическим центром крестовины (рис. 7.25). Основной характеристикой крестовины является ее марка, которая представляет собой отношение ширины сердечника крестовины в любой точке его к расстоянию от этой точки до математического центра крестовины. Отношение  $x/y = \operatorname{tg} \alpha = 1/N$  и есть марка крестовины ( $N = \operatorname{ctg} \alpha$ ). Марка крестовины одновременно является и маркой стрелочного перевода, на УЖД используют переводы марок 1/6, 1/7, 1/8, 1/9 и 1/10, на дорогах широкой колеи — переводы марок 1/11, 1/18 и 1/22.

Сечение, где расстояние между рабочими кантами усювиков минимально, называется горлом крестовины. Промежуток от горла до остряка сердечника, на котором имеется разрыв рельсовых нитей, называют вредным пространством. В пределах вредного пространства направление движения колес обеспечивают контррельсы.

*Соединительные пути* состоят из прямых рельсов и соединительной кривой. Радиус кривой принимают 55...120 м в зависимости от марки перевода. Изготавливают соединительные рельсы на месте из обычных рельсов.

*Комплект переводных брусьев* состоит из 28—37 брусьев, разбитых по длине на девять групп: 1,5; 1,65; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8 и 3,0 м. Пролет переводных брусьев составляет 0,4...0,55 м. Укладку стрелочного перевода выполняют по заранее подготовленной эпюре укладки стрелочного перевода.

Расчет стрелочного перевода включает в себя определение теоретической и полной длины стрелочного перевода, размеров стрелочного перевода в осях и точки установки предельного столбика. В соответствии с рис. 7.24, б полная длина стрелочного перевода  $L_{\text{п}}$  вычисляется по формуле

$$L_{\text{п}} = m + L_{\text{т}} + q + k, \quad (7.57)$$

где  $m$  — расстояние от начала рамных рельсов до начала остряков, м;  $L_{\text{т}}$  — теоретическая длина стрелочного перевода, м;  $q$  — длина задней части крестовины, м;  $k$  — длина пригоночного рельса за крестовиной (рубки), м.

Проецируя части стрелочного перевода на горизонтальную ось, получим формулу для определения теоретической длины стрелочного перевода

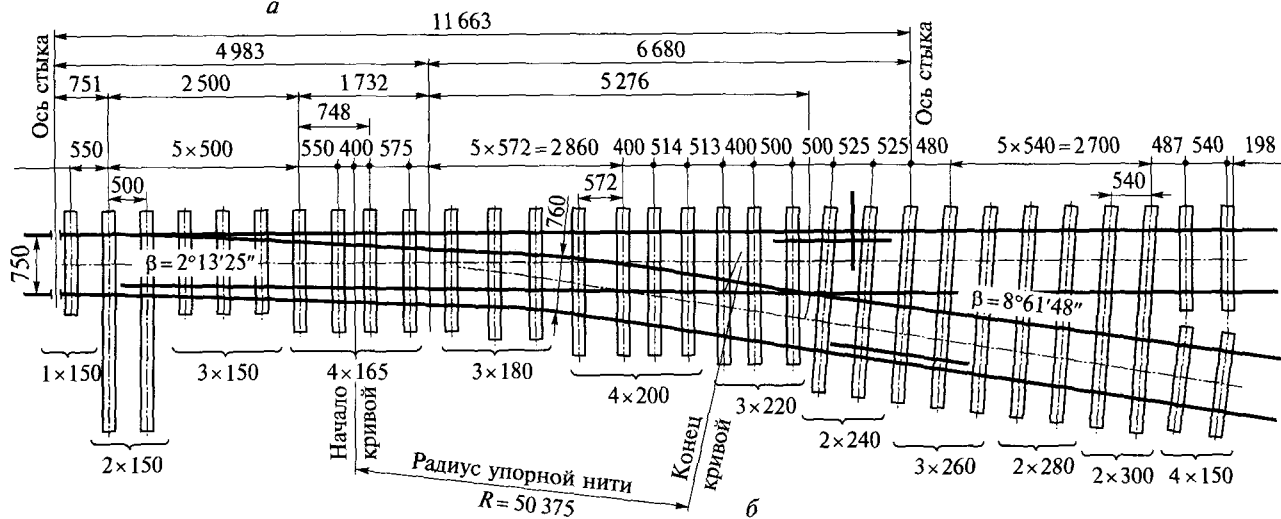
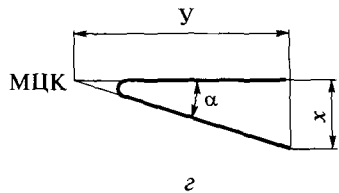
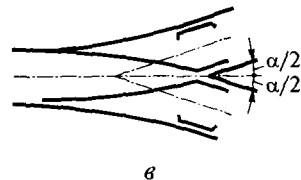
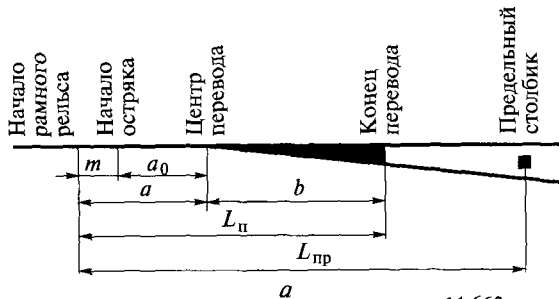
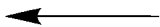


Рис. 7.25. Схема разбивки и укладки стрелочного перевода:

$a$  — схема одностороннего перевода в осях;  $b$  — эпюра укладки одностороннего стрелочного перевода;  $c$  — схема симметричного перевода;  $z$  — сердечник крестовины стрелочного перевода



$$L_T = (l_0 + p)\cos\beta + (R + S/2)(\sin\alpha - \sin\beta) + n\cos\alpha, \quad (7.58)$$

где  $l_0$  — длина остряка, м;  $p$  — прямая вставка между корнем остряка и началом переводной кривой (не менее половины длины накладки) м;  $R$  — радиус соединительной кривой, м;  $\beta$  и  $\alpha$  — стрелочный угол и угол крестовины, ... °;  $S$  — ширина колеи у переднего конца остряка,  $S = 0,760$  м;  $n$  — прямая вставка между концом соединительной кривой и математическим центром крестовины, м (минимальная длина прямой вставки равна суммарной длине передней части крестовины и половины стыковой накладки).

Длина пригоночного рельса  $k$

$$k = L_n - (m + L_T + q); \quad (7.59)$$

полная длина стрелочного перевода

$$L_n = l_p + (c - 1)l_n + \lambda(c - 1),$$

где  $l_p$ ,  $l_n$  — соответственно длина рамного и нормального рельсов, м;  $c$  — число звеньев в переводе;  $\lambda$  — размер стыкового зазора, м.

Для разбивки стрелочного перевода на местности необходимо знать его размеры в осях. Согласно рис. 7.25 полная длина стрелочного перевода

$$L_n = a + b,$$

где  $a$  — расстояние от начала стрелочного перевода до его центра, м;  $b$  — расстояние от центра стрелочного перевода до его конца, м.

Расстояние от начала стрелочного перевода до предельного столбика  $L_{np}$

$$L_{np} = a + \Gamma N,$$

где  $\Gamma$  — габарит подвижного состава (для УЖД  $\Gamma = 2,88$  м);  $N$  — знаменатель марки стрелочного перевода.

## 7.9. Основы автоматизированного проектирования лесовозных дорог

Основным направлением повышения обоснованности и качества проектных решений при одновременном сокращении трудоемкости и сроков выполнения проектных работ является исполь-

зование комплексных технологий и систем автоматизированного проектирования. При этом инженер-проектировщик добивается наиболее экономичных проектных решений при одновременном значительном улучшении транспортно-эксплуатационных качеств дорог. Это достигается прежде всего широким использованием при проектировании методов математического моделирования и оптимизации проектных решений, реализация которых при традиционной технологии практически невозможна.

Комплексные технологии автоматизированного проектирования представляют собой единый автоматизированный процесс, включающий следующие основные этапы:

- обработка материалов инженерных изысканий и другой информации, полученной из самых разнообразных источников (от бумажных носителей до современных электронных приборов, спутниковых систем и данных дистанционного зондирования) и создание на их основе адекватной цифровой модели местности;

- многовариантное автоматизированное моделирование проектируемых транспортных сетей и участков дорог с выполнением специализированных технологических оптимизационных расчетов лесосечно-транспортных процессов;

- цифровая и визуальная оценка технико-эксплуатационных, экологических, экономических и эстетических свойств вариантов проектных решений;

- выпуск полного набора проектной документации в бумажном и электронном виде, передачу электронной модели проектируемого объекта заказчику;

- использование электронной модели объекта в строительной организации для выноса в натуру, разработки проекта производства работ, организации строительных работ и их контроля, получения необходимого набора проектных документов на любом участке строящегося объекта, ведения исполнительных съемок;

- ведение и поддержание актуального состояния электронной модели объекта в эксплуатирующих лесозаготовительных организациях, объединение электронных моделей объектов в информационную среду организаций, управляющих крупным проектом, отраслью, территорией для геоинформационного обеспечения управления;

- использование актуальных данных имеющихся электронных моделей объектов для выполнения проектов их реконструкции или капитального ремонта с последующим обновлением в строительных, эксплуатирующих и управленческих организациях.

Предмет труда предприятий лесного хозяйства и лесной промышленности — лес на корню — рассредоточен и занимает обширные территории, поэтому полное представление о его состоянии и возможности эффективного транспортного освоения можно получить только на основе географического подхода, т. е. на осно-

ве применения картографического материала. Традиционный «ручной» способ проектирования генеральных схем транспортного освоения основан на многоэтапной работе с многочисленными картами, схемами, планшетами, выполненными в разных системах координат и, как правило, разномасштабными, порой уже устаревшими, в увязке с табличными данными лесоустроительной информации. Качество проектирования при этом невысоко, так как напрямую зависит от опыта проектировщика, точности схем и карт и числа рассмотренных вариантов.

Использование современных комплексных информационных технологий проектирования и управления позволяет значительно увеличить как производительность, так и качество разработки генеральных схем транспортного освоения арендуемых лесов. Эти технологии базируются на использовании Географических информационных систем (ГИС), Глобальных систем спутникового позиционирования (ГЛОНАСС, GPS, GALILEO) и системах дистанционного зондирования Земли.

Географические информационные системы представляют собой аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных, информации и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой и территорией.

Данный комплекс оперирует координатными пространственно-временными данными. Наиболее современное определение координат основано на определении их с помощью глобальных систем позиционирования. Суть их работы заключается в следующем: летающие на строго заданных орбитах спутники, мгновенные координаты которых точно известны, непрерывно излучают радиоволны, регистрируемые на Земле специальными спутниковыми приемниками-навигаторами. Это позволяет с помощью радиотехнических средств измерять расстояние от приемника до спутников и методом линейной засечки определять координаты местоположения приемника. Геометрическая сущность засечки заключается в следующем: если с некоторого пункта, положение которого в пространстве предстоит определить, измерить дальность до трех или более спутников и из них, как из центров, этими расстояниями как радиусами провести сферы, то они в пространстве пересекутся в искомой точке, координаты которой и определяются. Используемые в настоящее время GPS-приемники могут вычислять положение с периодом менее одной секунды и обеспечивать точность от нескольких дециметров до 5 м. Крайне эффективной GPS оказывается при обследовании существующей на момент разработки проекта лесной дорожной транспортной сети. Су-



шествующие дороги, проезды и тропы могут быть оцифрованы при перемещении по этим объектам с одновременной записью GPS координат. Состояние дорог, мостовых переходов, опасных участков, требующих ремонта (реконструкции), вводят в GPS-приемник в виде дополнительной информации для последующего использования в планах лесной дорожной инвентаризации и ГИС. Используя GPS-приемник, можно точно позиционировать грунтово-геологические условия арендуемой лесной территории. Кроме того, GPS можно использовать для картографирования местоположения болот, границ арендуемого лесного участка и границ лесосек, предусмотренных в рубку, выделения особых, защитных участков лесов с ограниченным режимом лесопользования, обозначения наиболее удобных участков пересечения водотоков и пр. После возвращения с полевых работ можно скачать координаты и вспомогательную информацию с накопителя приемника в компьютер. Программное обеспечение обработки GPS данных экспортирует результаты в ГИС, где они могут быть объединены с информацией из других источников для дальнейшей обработки и анализа.

Получение достоверной информации о лесных запасах и существующей дорожной сети становится все более и более актуальным для эффективного управления и ведения лесного бизнеса в современных условиях. Одним из наиболее прогрессивных и объективных источников такой информации является космический мониторинг лесных территорий. Космическая съемка лесных территорий со средним и высоким разрешением (рис. 7.26) позволяет на новом уровне решать многие задачи лесопользования. Среди них:

- контроль за процессами лесозаготовок (включая контроль нелегальных рубок);
- оценка последствий лесных пожаров;
- лесопатологический мониторинг;
- инвентаризация лесного фонда, сертификация лесных участков;
- оценка лесовозобновления.

Особо следует подчеркнуть, что решение всех этих задач может осуществляться на основе ГИС-технологий. Географическая информационная система позволяет интегрировать различные описательные и картографические данные, которые были собраны в различное время, с различным масштабом и с использованием разных методов сбора данных. Источниками данных лесостроительной информации, грунтово-гидрологических условий, лесохозяйственных мероприятий, транспортно-технологических сведений, экологических требований, противопожарных мероприятий, сведений по рубкам главного и промежуточного пользования могут служить в ГИС как электронные карты, так и карты на бумажной основе, рукописные данные, цифровые файлы и базы

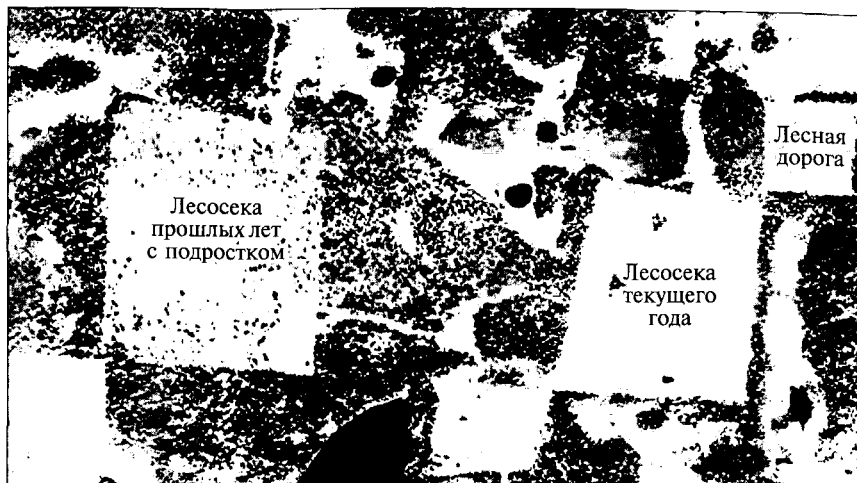


Рис. 7.26. Фрагмент космического снимка EROS-A (пространственное разрешение 2 м. Дата съемки 19 июня 2005 г., Республика Карелия, Костомукшский район)

данных и даже информация, хранимая в человеческой памяти. Без ГИС интеграция данных, хранимых в различных форматах, полученных в разное время и с различным масштабом, сама по себе проблематична.

Общая схема создания в ГИС базовых крупномасштабных лесных карт с проектом транспортного освоения состоит из следующих этапов:

- подготовка математической основы проекта;
- подготовка топографической основы проекта по имеющимся топокартам;
- привязка космических снимков к топографической основе;
- формирование и оцифровка границ земель лесного фонда;
- оцифровка квартальных просек и трасс дорог;
- оцифровка границ выделов и их нумерация (литерация);
- создание геокодированием и проверка позиционной части базы данных;
- вычисление и увязка площадей выделов и линейных объектов;
- климатическое районирование лесных территорий на зоны зимней и летней заготовки;
- буферизация зон влияния существующей транспортной сети;
- составление тематических карт запасов леса вне зон влияния существующей транспортной сети и размещения в них лесных дорог;
- оформление и печать выходных картографических материалов;
- подготовка данных ГИС-проекта к передаче заказчику.

Картографическая база данных ГИС-проекта транспортного освоения является основой информационного обеспечения последующего проектирования лесных дорог в САПР линейных сооружений.

Технология автоматизированного проектирования автомобильных дорог зависит от сочетания значительного числа факторов: особенностей имеющейся в проектной организации САПР; категории проектируемой дороги, ее протяженности; сложности природных условий в районе проектирования; стадии проектирования; особенностей материалов, полученных в результате изысканий.

В настоящее время существует достаточно большое число программных комплексов, используемых при автоматизированном проектировании автомобильных дорог. К их числу следует отнести программные комплексы CREDO, ROAD, AutoCAD. Среди зарубежных программных комплексов для автоматизированного проектирования следует выделить комплексы, разработанные компаниями Soft disk, Intergraph Corporation, Eagle Point Software и др. В России и странах СНГ широко применяется программный комплекс CREDO, разработанный в Белоруссии научно-производственной компанией «Кредо-Диалог». Разработчики комплекса предложили целостный подход, основанный на анализе данных изысканий, прогнозировании работы автомобильной дороги, оценки и оптимизации проектных решений, реализовав в своих разработках имитационную модель процессов функционирования дороги.

Система CREDO предназначена для интерактивного проектирования строительства и реконструкции автомобильных дорог, а также других линейных объектов промышленного и гражданского строительства и охватывает весь процесс проектирования, начиная от обработки данных технических изысканий и заканчивая выдачей проектной документации.

В состав программного комплекса CREDO II входят следующие основные подсистемы: CREDO DAT, CREDO TER, CREDO GEO, CREDO CAD и CREDO PRO.

С помощью подсистемы CREDO DAT могут быть выполнены следующие виды работ:

- импорт данных из файлов электронных тахеометров в форматах SOKKIA, NICON, LEICA и др.;
- ввод и обработка материалов наземных геодезических съемок;
- строгое уравнивание геодезических построений (сетей) любого объема, класса, формы и метода создания;
- уравнивание систем и ходов геометрического нивелирования;
- решение инженерных геодезических задач;
- пересчет прямоугольных координат в местные и геодезические;

• землеустроительные расчеты площадей и составление планов земельных участков;

• экспорт результатов обработки материалов изысканий в открытом формате CREDO.

*Подсистема CREDO TER* формирует цифровые модели рельефа и ситуации местности. Это дает возможность на основе полученных цифровых моделей проектировать в плане трассы дорог, строить для них продольные и поперечные профили поверхности земли и экспортировать полученные данные в системы CREDO или других САПР.

*Подсистема CREDO GEO* позволяет получить математическую модель геологического строения площадки или полосы, на основе которой возможно построение большого числа вертикальных геологических слоев, чертежей инженерно-геологических разрезов, которые могут быть экспортированы в другие подсистемы CREDO.

*Подсистема CREDO CAD* предназначена для выполнения основных работ по проектированию автомобильных дорог и сооружений на них. Этими работами являются:

- проектирование плана трассы;
- расчет нежестких дорожных одежд на прочность и морозоустойчивость;
- расчет и проектирование водопропускных труб и малых мостов;
- проектирование продольного и поперечных профилей дороги;
- поперечное выравнивание проезжей части дороги при ее реконструкции и ремонте;
- проектирование продольного водоотвода;
- расчет устойчивости земляного полотна;
- распределение земляных масс при строительстве дорог;
- оценка транспортно-эксплуатационных качеств и безопасности движения для запроектированной дороги;
- проектирование экологических мероприятий;
- построение перспективных изображений дороги в статическом и динамическом режимах;
- проектирование индивидуальных дорожных знаков;
- экспорт проектных решений в файлы обменного формата.

*Подсистема CREDO PRO* позволяет вести двух- и трехмерное геометрическое проектирование земляного полотна автомобильных дорог и других инженерных объектов, расчетно-графическое редактирование при разработке чертежей, схем, таблиц, пояснительной записки, специальное двух- и трехмерное моделирование во взаимодействии с другими универсальными системами технической графики (AutoCAD).

Цифровые технологии, реализованные в CREDO, позволили перейти к качественно новому уровню выполнения проектно-изыскательских работ. Это прежде всего организация сбора топогеодези-

ческой информации с помощью электронных тахеометров и GPS-приемников. Возможности программного комплекса CREDO повлекли за собой изменение технологии выполнения изысканий линейных сооружений, в основу которой легли полосные изыскания с последующим вариантным трассированием по созданной цифровой модели местности. Использование такой технологии позволяет наиболее точно и рационально выполнять трассирование.

При автоматизированном проектировании с использованием программного комплекса CREDO целесообразна следующая последовательность работ:

- определение района расположения участка проектирования трассы, сканирование картографических материалов, импорт исходных файлов из ГИС-проекта транспортного освоения, трансформация и координатная привязка растровых картматериалов с редактированием фрагментов и исправлением дефектов исходного материала в системе TRANSFORM;

- осуществление экспорта готовой подложки в систему CREDO MIX, причем эта подложка уже имеет конкретные координаты (абсолютные или относительные), что немаловажно для проведения трассирования и разбивки элементов плана трассы;

- получение трассы с координатами каждого элемента плана, передача ее полевым изыскателям для выноса в натуру и детальной съемки местности вдоль трассы при помощи электронных тахеометров;

- ввод в CREDO и обработка материалов геодезической съемки и инженерно-геологических полевых изысканий;

- составление цифровой модели местности;

- изготовление топографических планов;

- проектирование плана трассы;

- расчет и проектирование водопропускных сооружений;

- конструирование и расчет дорожной одежды;

- проектирование продольного профиля дороги;

- проектирование поперечных профилей дороги;

- проектирование дорожного водопровода;

- просмотр перспективных изображений дороги;

- проектирование пересечений дорог;

- расчет объемов работ;

- распределение земляных масс;

- оценка проектных решений;

- проектирование экологических мероприятий;

- проектирование элементов инженерного оборудования дорог;

- определение стоимости строительства;

- оформление проектной документации.

На любом из этапов проектирования возможна корректировка проектного решения, что может потребовать возвращения к предыдущему этапу.

Системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог постоянно совершенствуются. Так, в настоящее время в проектирование внедряются программные продукты CREDO уже третьего поколения. Основной целью создания систем CREDO третьего поколения (CREDO III) является дальнейшее развитие комплексных автоматизированных технологий обработки материалов изысканий, проектирования и геоинформационного обеспечения объектов промышленного, гражданского и транспортного строительства.

Термин «комплексность» определяет такой уровень автоматизации, при котором все операции процесса изысканий и проектирования, включая сбор, обработку, проектирование, оформление, оценку и контроль качества проектных решений, осуществляются с применением технических и программных средств, объединенных общей системой управления и технологией электронного (т.е. безбумажного) обмена данными. *Автоматизация*, и именно *комплексная*, подразумевает получение более высокой производительности, надежности и качества, чем эпизодическая автоматизация одного или нескольких отдельно взятых процессов.

Все большее развитие в автоматизированном проектировании получает подход, основанный на создании трехмерных геометрических представлений проектируемой дороги. Данный подход реализуется также и в системе третьего поколения CREDO ДОРОГИ 1.0, которая является продолжением концептуальных и функциональных решений двух первых поколений программного комплекса CREDO.

### **Контрольные вопросы**

1. Как определяют пропускную способность дороги?
2. Что такое вираж на дороге?
3. Как обосновать размеры проезжей части и земляного полотна дороги?
4. Как обосновать параметры вертикальных кривых?
5. Что называют водно-тепловым режимом земляного полотна?
6. Как рассчитать объемы земляных работ на строительстве дороги?
7. Какие типы поперечных профилей применяют на лесовозных автомобильных дорогах?
8. Как классифицируют дорожные одежды лесовозных дорог?
9. Какие положения приняты для расчета нежестких дорожных одежд?
10. Какие существуют типы зимних лесовозных дорог? Каковы их характеристики?
11. В чем заключается расчет ледяных переправ?
12. Как определить пропускную способность УЖД?
13. Каковы особенности устройства железнодорожного пути на кривых?
14. Перечислите основные элементы стрелочного перевода.

## СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

### 8.1. Основы организации строительства лесовозных дорог

*Организация строительства* — это совокупность мероприятий планирования, управления, производства работ, материального и технического обеспечения в целях реализации проектных решений по строительству дороги.

*Целью* организации строительства является возведение сооружения, предусмотренного проектом. Организация строительства лесовозной дороги должна обеспечить высокую производительность труда и наиболее эффективное использование основных производственных фондов в течение всего периода строительства, выполнение работ в заданные сроки, минимальную себестоимость строительства при высоком качестве работ.

Дорожно-строительные работы по своему назначению, применяемым средствам производства и характерным особенностям организации делят на три группы: заготовительные, транспортные и строительно-монтажные.

*Заготовительными* называют работы по заготовке дорожно-строительных материалов (щебня, гравия, песка), полуфабрикатов (асфальтобетонных и цементобетонных смесей, битума), деталей и изделий (элементов железобетонных труб, мостов, колесных покрытий, элементов верхнего строения железнодорожного пути).

*Транспортные работы* в дорожном строительстве составляют около 35 % всего объема работ и заключаются в перевозках дорожно-строительных материалов, полуфабрикатов и готовых изделий от места их заготовки или изготовления к местам использования. Транспортные работы являются связующим звеном между строительно-монтажными и заготовительными работами. Перевозка грунта при постройке земляного полотна органически входит в состав технологии земляных работ и ее рассматривают как один из элементов строительно-монтажных работ.

*Строительно-монтажными* называют работы, выполняемые непосредственно на объекте по возведению и монтажу сооружений в соответствии с проектом. На автомобильных дорогах к строительно-монтажным относят работы по постройке водоотвода,

земляного полотна, дорожной одежды, обстановки дороги и временных сооружений. При использовании на строительстве сооружений заранее изготовленных деталей и конструкций строительные работы превращаются в монтажные. В процессе строительства все виды работ — заготовительные, транспортные и строительномонтажные — должны быть тщательно увязаны по объемам и по времени.

Последовательность строительства дороги устанавливается из деления всех работ на периоды: подготовительный, основной и заключительный.

*Подготовительным* называют комплекс мероприятий и работ, в своей совокупности обеспечивающих создание благоприятных условий для строительства лесных дорог.

В *основной период* выполняют все строительномонтажные работы, предусмотренные проектом. Организуют четкое материально техническое снабжение, бесперебойную работу производственных предприятий и рабочих бригад на строительстве труб и мостов, земляного полотна, дорожной одежды, на укрепительных работах и обстановке дороги.

В *заключительный период* лесную дорогу или ее участок готовят к сдаче — демонтируют временные сооружения, базы и устраняют все дефекты и недоделки, тщательно рекультивируют земли, занятые под полосы отвода.

Полезный объем незавершенного производства по опережению одних видов работ другими называют *заделом*. Нормативы задела предназначены для обеспечения непрерывной работы дорожно-строительного потока с учетом влияния переменных объемов линейных работ, случайного выхода из строя линейных машин, непогоды и других факторов. Задел бывает сезонным — для работ, прекращаемых на зиму; технологическим — для поточного ведения работ, при опережении одних видов работ другими для рационального их проведения.

Организацию работ по строительству дороги проектируют в два этапа. На первом этапе проектная организация составляет *проект организации строительства* (ПОС). На втором этапе дорожно-строительная организация составляет *проект производства работ* (ППР). В обоих проектах предусматривают следующую обязательную технологическую последовательность работ:

- строительство временных сооружений, организация связи, подготовительные работы, обеспечивающие нормальное развертывание потока;
- постройка зданий и сооружений дорожной и автотранспортной служб;
- строительство труб и мостов; выполнение сосредоточенных земляных работ;
- линейные земляные работы;



- устройство дорожной одежды;
- отделочные работы и обустройство пути.

Строительство лесовозных дорог организуют либо подрядным либо хозяйственным способом.

При *подрядном способе* работы выполняет специализированная постоянно действующая дорожно-строительная организация — подрядчик по договору с заказчиком — организацией, для которой ведут строительство и которая будет осуществлять эксплуатацию сооружения.

При *хозяйственном способе* работы выполняют силами самого лесозаготовительного предприятия, имеющего, как правило, дефицит высококвалифицированных строительных кадров и специальной дорожной техники, что, в свою очередь, влечет снижение качества работ и удлиняет сроки дорожного строительства.

Специализированные дорожно-строительные организации строят лесовозные дороги постоянного действия — магистрали и ветки для освоения новых лесных массивов действующих и строящихся лесозаготовительных предприятий. Эти организации выступают как подрядчики. Каждое подрядное подразделение осуществляет строительство от одного до десяти лесовозных дорог, в зависимости от производственной мощности и территориального расположения. Небольшое число объектов характерно при новом строительстве в удаленных от существующих транспортных путей лесных массивах. При строительстве лесовозных дорог для поддержания мощности лесозаготовительного предприятия число объектов зависит от числа дорог в районе действия подрядной дорожно-строительной организации. В составе этих организаций строительством лесовозных дорог непосредственно занимаются дорожно-строительные отряды или бригады численностью 9—25 чел. Один отряд строит в год 5...10 км лесовозных дорог.

Хозяйственный способ строительства в лесной отрасли является основным. Дорожные службы лесозаготовительных предприятий строят магистрали, ветки, лесовозные усы, сезонные дороги, занимаются содержанием и ремонтом всей лесотранспортной сети. В составе лесозаготовительных предприятий существуют следующие дорожные службы: дорожно-строительные отряды (ДСО); передвижные дорожно-строительные отряды (ПДСО); дорожно-ремонтные участки; отделы капитального строительства (ОКС).

В целях концентрации дорожных служб различного назначения и отделения их от лесозаготовительного производства создают службы подготовки производства. В функции такой службы, кроме дорожных работ, входит подготовка погрузочных площадок и мастерских участков, организация и обустройство карьеров, изготовление инвентарных покрытий, строительство стоянок и временных гаражей лесозаготовительной техники. На УЖД, как пра-

вило, дорожные и эксплуатационные службы объединены в один цех и подчиняются начальнику дороги.

## 8.2. Методы организации дорожно-строительных работ

Организация дорожно-строительных работ имеет свои особенности, характеризующиеся производством работ на узком и весьма вытянутом участке территории, в пределах дорожной полосы отвода, неравномерностью распределения объемов работ по трассе, большой зависимостью от климатических условий. Строительно-монтажные работы в зависимости от их объема и равномерности распределения по длине дороги подразделяются на сосредоточенные и линейные.

*Линейные работы* характеризуются сравнительно равномерным распределением по длине дороги. К ним относят подготовку дорожной полосы; строительство малых мостов и труб; строительство земляного полотна в невысоких насыпях и неглубоких выемках; устройство оснований и покрытий дорожных одежд на автомобильных и верхнего строения пути на железных дорогах; отделочные работы.

Линейные работы на дорожном строительстве составляют 80...90 % всего объема работ.

*Сосредоточенные работы* характеризуются большими объемами и прерывистостью по длине дороги. К ним относят сооружение земляного полотна на отдельных участках с объемом земляных работ на 1 км, превышающих средний объем земляных работ на дороге в 3 раза и более или резко отличающихся повышенной сложностью производства и трудоемкостью от работ на смежных участках (болота), а также строительство средних и больших мостов. Такое подразделение дорожно-строительных работ на линейные и сосредоточенные обеспечивает их раздельное производство по взаимоувязанному графику постоянным составом рабочих.

При строительстве лесовозных дорог применяют поточные и непоточные методы организации работ. Линейный характер дорожных работ способствует успешному методу применения *поточного метода* строительства. Сущность его состоит в том, что все работы выполняют специализированные механизированные подразделения технологически последовательно; после прохода последнего подразделения дорога готова к эксплуатации (рис. 8.1). В равные промежутки времени (смену) заканчивается строительство равных по длине участков дороги. Сосредоточенные работы 2 и 3 выполняют с необходимым опережением линейных работ с тем, чтобы к моменту подхода к данной точке дороги линейного

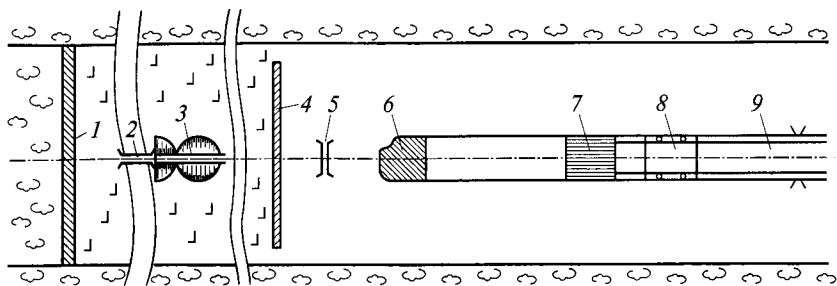


Рис. 8.1. Схема комплексного потока по строительству автомобильной лесовозной дороги:

1 — прорубка просеки; 2 — строительство больших и средних мостов; 3 — сосредоточенные земляные работы; 4 — подготовка дорожной полосы; 5 — строительство малых искусственных сооружений; 6 — строительство земляного полотна; 7 — строительство дорожной одежды; 8 — обстановка дороги; 9 — готовая дорога

потока сосредоточенные работы были бы полностью завершены и не препятствовали работе линейного потока.

Из **непоточных методов** наиболее широко используют цикличный и участковый способы организации дорожных работ.

**Цикличный**, или **последовательный**, метод заключается в том, что все виды работ выполняют поочередно на всем протяжении строящейся дороги.

При **участковом** методе всю строящуюся дорогу делят на ряд участков, каждый из которых строят в отдельности до полной готовности цикличным или поточным методом.

Указанные виды непоточных методов организации работ широко используют при стадийном строительстве лесовозно-лесоохозяйственных дорог и удлинении действующих лесовозных дорог, а также при строительстве коротких участков дорог, на которых невозможно организовать установившийся комплексный поток. Однако необходимо подчеркнуть, что при непоточных методах неравномерно используется дорожно-строительная техника, требуется больше машин и механизмов, труднее вести контроль и руководство работами, возрастает продолжительность строительства. В то же время поточный метод имеет ряд важных преимуществ: более эффективное использование наличных средств механизации; планомерное введение в эксплуатацию построенных участков дороги; концентрация средств механизации, сокращение сроков строительства и снижение его стоимости, повышение производительности труда и качества работ.

При выборе метода строительства следует учитывать особенности строительства лесовозных дорог: многообразие типов покрытий, относительно небольшая протяженность дорожных объектов, их разбросанность на значительной территории, значитель-

ное число одновременно строящихся объектов. В связи с этим линейность потока как бы теряется. Работы приходится организовывать и проводить сразу на большой территории, на многих объектах, часто комбинируя методы их выполнения, так что линейные работы выполняются обычно поточным методом, а сосредоточенные — участковым или циклическим. При строительстве новых лесных магистралей следует отдавать предпочтение поточному методу организации работ.

Основной организационной структурой при поточном методе дорожных работ является поток, в котором сосредоточены все производственные средства строительства для согласованного, ритмичного и технологически последовательного выполнения всех дорожно-строительных работ. По составу и назначению различают частные, специализированные объектные и комплексные потоки.

*Частным* называют поток, выполняющий постройку одного какого-либо сооружения или элемента, например по постройке слоя основания, покрытия и др.

*Специализированный поток* представляет собой совокупность частных потоков, выполняющих возведение какого-либо сложного сооружения. При строительстве лесовозных дорог создают специализированные потоки по выполнению сосредоточенных земляных работ; по строительству средних и больших мостов; по строительству малых мостов и труб; по выполнению линейных земляных работ; по постройке дорожной одежды. Каждая дорожно-строительная организация может строить один или несколько объектов (участков дорог).

Строительство каждого объекта (участка) осуществляет *объектный поток*, состоящий из специализированных потоков и отдельных подразделений, выполняющих различные виды дорожно-строительных работ, итогом которых является полностью построенная дорога определенного протяжения.

*Комплексный поток* — это несколько объектных потоков, организационно связанных между собой единым строительным управлением, что обеспечивает наилучшее использование имеющихся в распоряжении строительной организации материальных ресурсов, техники и кадров.

Каждый частный поток состоит из отдельных участков, на которых специализированные звенья машин выполняют определенные рабочие процессы. Такие участки называют *захватками*. Например, в частном потоке по постройке щебеночного покрытия будут захватки вывозки щебня и его разравнивания; предварительного уплотнения щебня легким катком и окончательного уплотнения тяжелым с поливкой водой; вывозки расклинивающего материала, его равномерного распределения и уплотнения тяжелым катком с поливкой водой. Длину захватки обычно принимают равной сменной производительности потока (сменная захватка).

Между частными и специализированными потоками, а иногда и между отдельными захватками устраивают **перерывы**, измеряемые числом смен. Такие перерывы могут быть технологическими и организационными.

*Технологические перерывы* обусловлены характером работ: например, для схватывания цемента при укреплении грунта (пока цементогрунт не наберет определенную прочность, необходим технологический перерыв).

*Организационный перерыв* — это разрыв между потоками или захватками, необходимый для обеспечения резерва фронта работ на случай нарушения ритма.

Организационные и технологические перерывы могут быть продолжительными, исчисляемыми даже несколькими месяцами и более. Например, между специализированными потоками по строительству земляного полотна и дорожной одежды предусмотрено включение технологического перерыва, вызванного целесообразностью использования естественной осадки насыпей для их самоуплотнения. Заблаговременная отсыпка земляного полотна не менее чем за 1—2 года до постройки одежды обеспечивает значительную экономию затрат на уплотнение грунта и на дорожное строительство в целом и широко применяется в лесном дорожном строительстве.

При реализации поточного метода строящуюся дорогу разделяют на ряд захваток. Первое механизированное звено, выполнив свой рабочий процесс, переходит на вторую захватку, а на первую захватку приходит второе звено. Это продолжается до тех пор, пока на первую захватку не придет последнее звено потока. В этот момент, когда все звенья потока приступили к работе, заканчивается период развертывания потока и начинается период установившейся его работы (рис. 8.2). Установившийся поток обеспечивает наиболее эффективное использование всех ресурсов строительства вследствие одновременного действия всех звеньев объектного или специализированного потока.

В конце периода строительства дороги в обратном порядке сначала заканчивает работу первое специализированное звено, затем второе, третье и т. д. Последовательное выбытие из потока механизированных звеньев происходит во время периода его свертывания. При этом длительность периода установившегося потока  $T_{уст}$ , дней, определится из выражения

$$T_{уст} = T_{сез} - T_{п} - T_{р} - T_{св},$$

где  $T_{сез}$  — продолжительность строительного сезона, дней;  $T_{п}$  — продолжительность периода проведения подготовительных работ, дней;  $T_{р}$  — продолжительность развертывания потока, дней;  $T_{св}$  — продолжительность свертывания потока, дней.

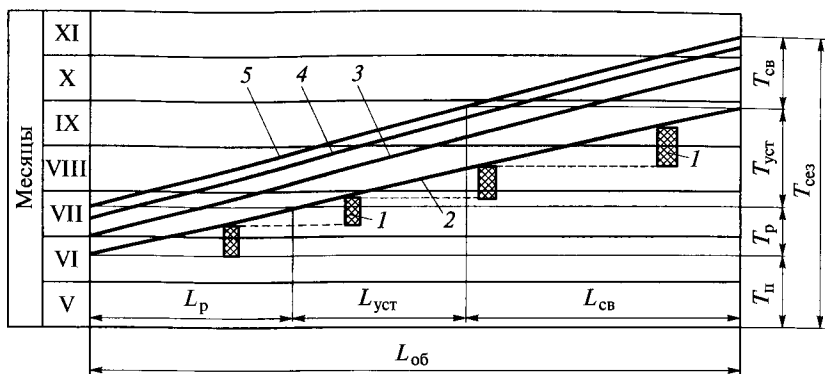


Рис. 8.2. Линейный календарный график строительства лесовозной дороги: 1 — строительство искусственных сооружений; 2 — подготовительные работы; 3 — возведение земляного полотна; 4 — строительство дорожной одежды; 5 — обустройство дороги;  $T_{уст}$  — длительность периода установившегося потока;  $T_{сез}$  — продолжительность строительного сезона;  $T_{п}$  — продолжительность периода проведения подготовительных работ;  $T_{р}$  — продолжительность периода развертывания потока;  $T_{св}$  — продолжительность периода свертывания потока;  $L_{р}$  — длина участка дороги для развертывания потока;  $L_{уст}$  — длина участка установившейся работы потока;  $L_{св}$  — длина участка дороги для свертывания линейных работ;  $L_{об}$  — общая длина строящегося участка

Организацию работ поточным методом характеризуют численным значением ряда параметров.

*Показатель условной эффективности* применения поточной организации работ на данном объекте определяют по формуле

$$K_{пот} = T_{уст} / T_{об},$$

где  $T_{об}$  — общее время строительства дороги.

Чем ближе значение  $K_{пот}$  к единице, тем более эффективно применение поточного метода. При  $K_{пот} = 0,7$  считают, что применение поточного метода дает значительный экономический эффект. При  $0,3 < K_{пот} < 0,7$  возможно применение как поточного, так и непоточных методов строительства. Непоточные методы строительства лесных дорог эффективны при  $K_{пот} < 0,3$ .

*Скорость потока* является одной из основных характеристик поточного метода. Она измеряется протяжением участка готовой дороги, выполняемой за одну рабочую смену. Требуемую скорость комплексного потока  $v$ , километров дороги в смену, определяют по формуле

$$v = L / T_{ср},$$

где  $L$  — протяженность участка дороги, который необходимо построить в течение одного строительного сезона, км;  $T_{ср}$  — среднее число рабочих смен в строительном сезоне.

Продолжительность строительного сезона  $T_{\text{ср}}$ , смен, может быть определена по выражению

$$T_{\text{ср}} = (T_{\text{к}} - T_{\text{р}} - T_{\text{в}} - T_{\text{пр}} - T_{\text{рем}})K_{\text{см}},$$

где  $T_{\text{к}}$  — календарная продолжительность строительного сезона, дней;  $T_{\text{р}}$  — продолжительность развертывания потока, дней;  $T_{\text{в}}$  — число выходных и праздничных дней;  $T_{\text{пр}}$  — число дней простоя по климатическим условиям, приходящиеся на рабочие дни;  $T_{\text{рем}}$  — число дней, требуемых для ремонта и технического обслуживания машин;  $K_{\text{см}}$  — коэффициент сменности.

Календарную продолжительность строительного сезона принимают по дорожно-климатическим нормативам с учетом среднесуточных температур, при которых можно выполнять различные дорожные работы. При постройке дорог в лесных районах, где преобладают связные переувлажненные грунты, сроки начала и окончания работ должны быть увязаны со сроками распутицы. Во многих случаях при глинистых грунтах целесообразно начало работ объектного потока принимать после окончания весенней распутицы, а окончание работ — не позже начала осенней распутицы. Для связных грунтов начало весенней распутицы  $T_{\text{н.р}}$ , дней, может быть определено по формуле

$$T_{\text{н.р}} = T_0 + 5/\alpha,$$

где  $T_0$  — дата перехода среднесуточной температуры через  $0^\circ\text{C}$ ;  $\alpha$  — климатический коэффициент, характеризующий интенсивность оттаивания грунта весной, см/сут.

Окончание весенней распутицы  $T_{\text{к.р}}$ , дней, определяют по выражению

$$T_{\text{к.р}} = T_{\text{н.р}} + 0,7H_{\text{пр}}/\alpha,$$

где  $H_{\text{пр}}$  — средняя глубина промерзания грунта, см.

Начало осенней распутицы может быть приурочено к среднемесячной температуре воздуха  $+3\dots+5^\circ\text{C}$ , а окончание осенней распутицы соответствует среднесуточной температуре воздуха  $0^\circ\text{C}$ .

### **8.3. Подготовительные работы при строительстве лесовозных дорог**

Подготовительные работы предшествуют основным и имеют целью подготовить все необходимое для эффективного и качественного строительства дороги — техническую документацию, дорожные бригады, машины, материалы, очистить полосу дороги от деревьев, кустарника, валежника, валунов.

Подготовительные работы включают в себя организационную подготовку, техническую подготовку, отвод земель под строитель-

ство дорог, восстановление и закрепление трассы, расчистку полосы отвода, подготовку дорожной полосы, осушительные работы и устройство водоотвода, устройство сланей.

**Организационная подготовка.** В процессе организационной подготовки должны быть выполнены следующие мероприятия:

- разработан и утвержден проект дороги со сводным сметным расчетом и проектом организации строительства;
- решены вопросы обеспечения дорожно-строительными материалами;
- определены строительные, монтажные и специализированные организации для осуществления строительства;
- произведен в натуре отвод земельных участков для всех нужд дорожного строительства;
- оформлено финансирование;
- при выполнении работ подрядным способом заключен договор на строительство с подрядной организацией.

Продолжительность работ по организационной подготовке не учитывается нормами продолжительности строительства.

**Техническая подготовка.** Основная цель технической подготовки — обеспечение развертывания строительства в полном объеме, что требует выполнения следующих мероприятий:

- разработки проекта производства работ;
- восстановления и закрепления на местности опорной геодезической сети — реперов, углов поворотов, осей сооружений;
- дислоцирования подразделений и доукомплектования их недостающей техникой;
- подготовки притрассовых карьеров;
- организации складского и инструментального хозяйства;
- сооружения временных дорог.

Техническая подготовка учитывается нормами продолжительности строительства.

**Отвод земель под строительство дороги.** До начала строительства необходимо оформить отвод земельных участков под строительство дороги и размещаемых на ней сооружений, земельных участков для карьеров, резервов, временных зданий и сооружений, предусмотренных проектом.

Ширина дорожной полосы на землях гослесфонда, не имеющего сельскохозяйственного и природоохранного значения, складывается из собственно ширины просеки под земляное полотно и водоотвод и ширины полосы насаждений, оставляемой для защиты дороги от снежных заносов.

Ширина просеки, в метрах, определяется целым рядом факторов: высотой насыпей и глубиной выемок, способом проведения земляных работ, снегозаносимостью участка, но в любом случае должна быть не менее:



Для магистралей лесовозных дорог летнего действия .....	30
Для веток и лесохозяйственных дорог .....	12
Для пожарных дорог и дорог для вывозки живицы .....	8
Для зимних дорог с грузовым и порожняковым путем в одной просеке .....	14
Для зимних дорог с раздельным расположением путей:	
для грузового пути .....	8
для порожнякового пути .....	6

Ширину полосы отвода вне земель Гослесфонда рассчитывают по условиям размещения элементов земляного полотна так, чтобы крайние точки подошвы насыпей, кавальеров или бровки выемок, резервов или водоотводных канав были не ближе 2 м, а в исключительных случаях 1 м от границы полосы отвода.

**Восстановление и закрепление трассы.** Положение оси дороги на местности устанавливают и закрепляют в процессе изыскательских работ, однако со времени проведения изысканий до начала строительства часть знаков утрачивается и требует восстановления. При восстановлении трассы выполняют следующие работы:

- выносят все углы поворота и все пикеты на границу полосы отвода (рис. 8.3);
- закрепляют вершины углов поворота (рис. 8.4);
- разбивают круговые и переходные кривые, закрепляют начало и конец кривых;
- разбивают и закрепляют оси искусственных сооружений, закрепляют пикеты и плюсовые точки;
- устанавливают дополнительные реперы.

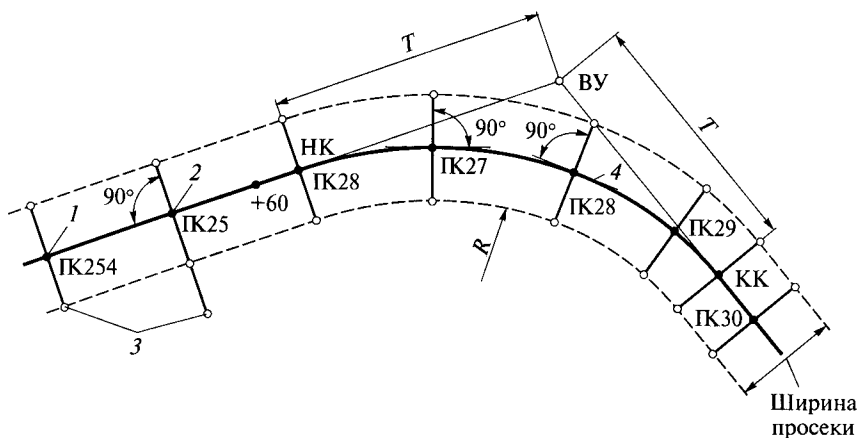


Рис. 8.3. Схема закрепления оси дороги:

1 — ось дороги; 2 — пикеты и плюсы (точка и сторожок с надписью); 3 — выносные колья или затески на деревьях; 4 — касательная к кривой;  $T$  — дорожный тангенс

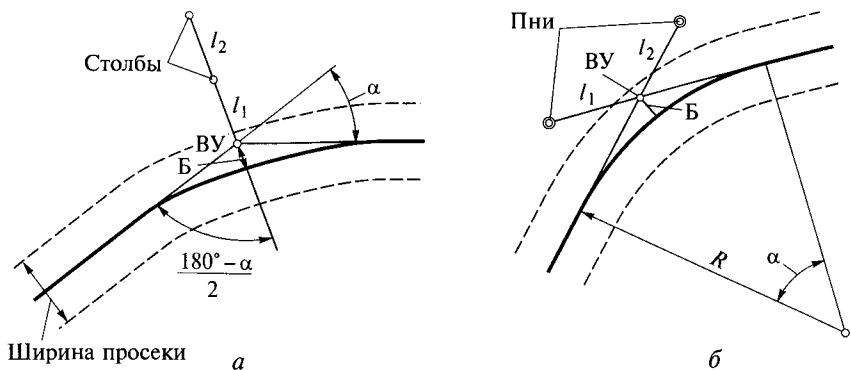


Рис. 8.4. Схема закрепления углов поворота:

*a* — в створе биссектрисы; *b* — в створе оси дороги; ВУ — вершина угла поворота; *R* — радиус поворота; Б — биссектриса;  $l_1$  и  $l_2$  — расстояния от вершины угла до закрепительных знаков;  $\alpha$  — угол поворота трассы

Во время проведения работ по восстановлению и закреплению трассы ведут журнал выносок, в который заносят схемы расположения выносных знаков, отметки и расстояния до соответствующего знака на трассе, а также направление оси выноски.

В связи с тем, что лесовозные дороги проходят по лесным массивам и до проведения земляных работ должны быть выполнены валка деревьев, корчевка пней и удаление растительного слоя, при которых возможно повреждение и утеря закрепительных знаков, восстановление и закрепление трассы целесообразно выполнять поэтапно. До прорубки просеки обозначают ее границы, провешивают трассу, закрепляют вершины углов поворота, начало и конец кривых, закрепляют пикетаж установкой повторителей (см. рис. 8.4). Перед корчевкой осуществляют повторное провешивание трассы, устанавливают границы корчевки и снятия растительного слоя. После корчевки, до проведения земляных работ, полностью восстанавливают пикетаж, производят детальную разбивку круговых и переходных кривых, закрепляют оси искусственных сооружений и устанавливают выносные реперы.

Полосу отвода в лесу отмечают затесками на деревьях, на открытых участках закрепляют столбами, устанавливаемыми по обе стороны дороги. Ось дороги закрепляют кольями и вехами, устанавливаемыми на прямых участках пути через 0,5... 1 км, а на кривых в плане, при детальном разбивке, через 5...20 м, в зависимости от радиуса поворота.

При восстановлении пикетажа пикеты и плюсы закрепляют кольешками и повторителями, устанавливаемыми за пределами полосы работы машин. На каждом пикете и плюсе устанавливают

два повторителя с одной или с обеих сторон от оси дороги, в створе с пикетным или плюсовым колышком, перпендикулярно оси трассы с указанием расстояния выноски от оси дороги.

Дополнительные реперы устанавливают не реже чем через 2 км и обязательно вблизи мостов и водопропускных труб, а также у глубоких выемок и высоких насыпей (более 3 м). В качестве реперов используют прочно вкопанные столбы, пни и другие местные предметы, расположенные вне пределов производства работ.

Все работы по восстановлению и закреплению трассы оформляют документально, составляют акты, к которым прилагают ведомости реперов, углов поворота, привязок и продольного профиля дороги.

Разрубку просеки обычно планируют на зимний период, за 1—2 года до начала строительства земляного полотна. Это дает возможность вывезти заготовленную древесину к месту использования и обеспечить хорошую естественную просушку полосы отвода. Кроме того, по зимней дороге могут быть завезены на место строительства элементы водопропускных сооружений, дорожно-строительные материалы и оборудование.

Разрубка просеки включает в себя подготовительные и основные работы. В подготовительные работы входят подготовка леса для безопасной работы; строительство погрузочных площадок для разделки хлыстов на сортименты, их складирования и отгрузки древесины; подготовка трелевочных волоков.

Для обеспечения разрубки просеки широким фронтом первоначально на всем протяжении строящейся дороги разрубают волок шириной 5...8 м, вдоль которого на расстоянии 300...400 м друг от друга устраивают погрузочные площадки и приступают к основным работам (рис. 8.5).

Основные работы по прорубке просеки проводят в следующей технологической последовательности:

- валка леса;
- обрубка сучьев;
- трелевка заготовленного леса;
- разделка хлыстов на сортименты;
- штабелевка или погрузка на автомобили; вывозка.

Часть древесины, необходимую для постройки мостов и сланей, оставляют на дорожной полосе, окашивают и укладывают в штабеля с прокладками. На прорубке просеки применяют те же машины и механизмы, что и при выполнении лесосечных работ.

**Подготовка дорожной полосы.** После разрубки просеки корчуют пни или срезают их в уровень с землей, срезают кустарник и подрост, убирают валежник и валуны, снимают растительный слой, предварительно осушают дорожную полосу и производят детальную разбивку земляных работ.

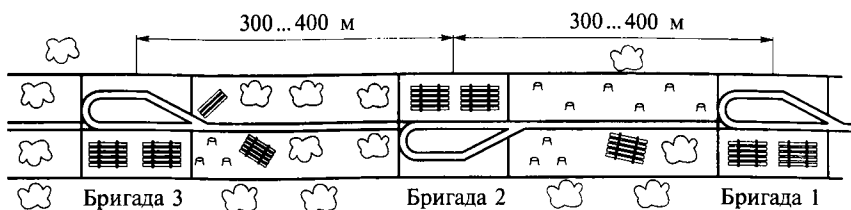


Рис. 8.5. Технологическая схема разрубки просеки для лесной дороги тремя бригадами

Корчевку пней и снятие растительного слоя предпочтительно проводить в весенний период, когда верхний растительный слой уже оттаял, а основание еще находится в мерзлом состоянии. Пни корчуют на месте расположения выемок, резервов, боковых, нагорных и водоотводных канав, а также насыпей высотой до 0,5 м. При высоте насыпи 0,5...1 м пни спиливают на уровне поверхности земли, а при более высоких насыпях допускается оставлять пни высотой до 0,2 м. Срезку пней вровень с землей выполняют бензомоторными пилами. Срезку кустарника и подроста выполняют кусторезами, а при незначительных объемах — бульдозерами.

Камни (валуны) и валежник, находящиеся на поверхности земли в местах выемок и резервов, удаляют корчевателями или бульдозерно-рыхлительными агрегатами до начала земляных работ. Особо крупные камни, которые невозможно удалить целиком, дробят взрывным способом и удаляют бульдозером по частям за пределы земляного полотна.

Снятие растительного слоя чаще всего является работой, сопутствующей корчевке и срезке кустарника и подроста. Она выполняется бульдозерами или грейдерами по различным технологическим схемам. При насыпях, возводимых из привозного грунта, и ширине подошвы насыпи менее 25 м применяют челночную схему срезки и перемещения грунта с укладкой его то с одной, то с другой стороны очищаемой полосы (рис. 8.6). При ширине снятия растительного слоя 30...40 м и более срезку и перемещение растительного грунта выполняют сначала с одной половины полосы, начиная зарезание от оси, а затем с другой стороны. Растительный грунт укладывают в валы на краю полосы отвода так, чтобы по окончании строительства можно было использовать его для рекультивации резервов.

Оставшиеся после корчевки пней ямы засыпают местным грунтом. После вычесывания корней и снятия растительного слоя всю поверхность основания под насыпь планируют и тщательно уплотняют тяжелым катком до требуемой плотности.

**Осушительные работы и устройство водоотвода.** Влажность грунта оказывает влияние не только на качество возводимого земляного

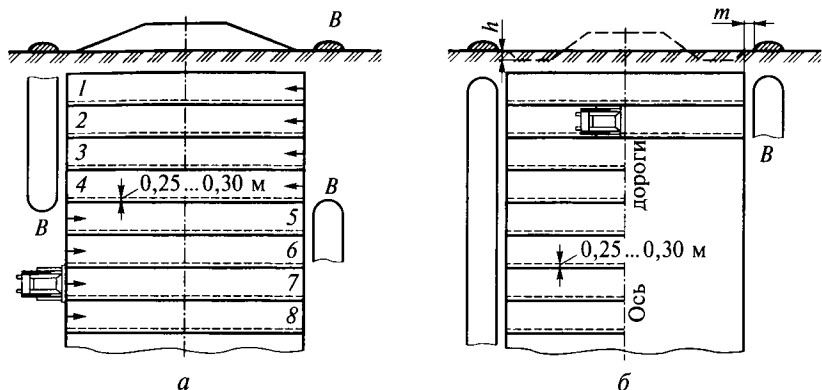


Рис. 8.6. Схема срезки растительного грунта поперечным способом:  
*a* — на полосе шириной до 25 м; *б* — на полосе шириной более 25 м; 1—8 — последовательность проходов бульдозера; *B* — вал растительного грунта; *m* — расстояние, обеспечивающее продольный проход землеройных машин; *h* — толщина срезаемого слоя

полотна, но и на надежность работы землеройных машин и их производительность. Максимальная влажность, при которой допускается сооружение земляного полотна по условиям возможности применения землеройных машин, составляет: для тяжелых и пылеватых суглинков и глин — 1,5... 1,4 от оптимальной влажности  $W_0$  или 0,7 от влажности предела текучести  $W_T$ ; для пылеватых и тяжелых супесей и легких суглинков — (1,6... 1,4)  $W_0$  или (0,9... 0,8)  $W_T$ ; для пылеватых песков и легких супесей — (1,7... 1,5)  $W_0$  или (1,0... 0,9)  $W_T$ . При сочетании дорожных и мелиоративных работ и отрывке канав экскаваторами работы могут выполняться и при больших значениях влажности.

Необходимую влажность грунта, при которой обеспечивается работа машин и уплотнение его до требуемой плотности, можно получить естественным осушением грунта. Просыхание грунта в теплый период происходит достаточно интенсивно за счет поверхностного испарения влаги. Нижележащие слои просыхают значительно медленнее. Сроки просыхания грунта после выпадения осадков до допускаемой влажности на глубину 0,2 м приведены в табл. 8.1.

Наиболее эффективными являются меры по естественному осушению грунта: заблаговременная прорубка просеки, снятие растительного слоя, обеспечение надежного отвода воды от земляного полотна системой водоотводных и осушительных канав. Так при устройстве нагорных и водоотводных канав и снятии растительного слоя за год до разработки грунта его влажность до глубины 1 м снижается на 0,2... 0,25 от оптимальной. Устройство осушительных и нагорных канав должно быть выполнено сразу же

Сроки просыхания грунта

Вид грунта	Влажность после выпадения осадков в долях от оптимальной	Время на просушивание слоя толщиной 0,2 м до допустимой влажности, сут
Суглинок легкий	1,3 ... 1,5	1
	1,5 ... 2,0	2 ... 6
Суглинок тяжелый	1,4 ... 1,8	7 ... 9
Глина	1,8 ... 2,0	9 ... 10

после корчевки пней и снятия растительного слоя. В первую очередь осушительные каналы устраивают на болотах. Канавы на болоте понижают уровень воды, предохраняют насыпь от подтопления, упрочняют основание под насыпью. Канаву роют глубиной 0,8 м, откосами 1:1,5, шириной берм 3 м и более.

Нагорные каналы строят на косогорах с нагорной стороны земляного полотна. Вынимаемый грунт укладывают в виде призмы вдоль канавы с низовой стороны. Боковые каналы, проходящие у подошвы насыпи, рекомендуется устраивать немедленно после возведения насыпи и планировки откосов; кюветы в выемках нарезают в процессе удаления недобора грунта на откосах.

Водоотводные каналы начинают разрабатывать с пониженных мест рельефа. Канавы глубиной до 0,7 м нарезают автогрейдером. За первые 2—3 прохода вырезанный грунт укладывают за наружную бровку канавы, затем на нож грейдера монтируют откосник требуемого очертания и зачищают откосы и дно канавы. Последним проходом разравнивают грунт за наружной бровкой откоса. Канавы глубиной 0,7 ... 1,5 м сооружают канавокопателями плужного или роторного типа. Канавы глубиной более 1,5 м отрывают многоковшовыми или одноковшовыми экскаваторами. При устройстве водоотвода необходима разбивка трассы канав путем расстановки по их оси вешек с отметками глубины.

**Устройство сланей.** Слани лучше укладывать зимой, когда болото промерзло и можно беспрепятственно доставить и уложить трактором с гидроманипулятором продольные лаги и настил. Потребные ресурсы на 1 км дороги при ширине сланей 6,5 ... 10 м составляют 1 425 ... 1 925 м<sup>3</sup> древесины, 789—1 067 чел.-дней и 73—98 маш.-смен. Вместо сланей на болотах может быть использован геотекстиль — нетканый синтетический материал, укладку которого производят непосредственно перед отсыпкой насыпи. Прослойки из геотекстиля могут одновременно выполнять несколько функций. Так, прослойка в основание насыпи может быть применена как технологическая мера для улучшения условий проезда

построечного транспорта и уплотнения грунта в нижней части насыпи, одновременно выполняя роль дрены, способствующей ускорению осадки слабого грунта в основание насыпи и армирующего элемента, повышающего устойчивость насыпи. Одновременно с этим прослойка из геотекстиля может улучшать условия отсыпки и уплотнения насыпи. Потребные ресурсы на 1 км дороги при ширине основания 8 м составят 8 800 м<sup>2</sup> геотекстиля, 30 чел.-дней и 5 маш.-смен.

После восстановления и закрепления трассы, расчистки дорожной полосы и устройства сланей проверяют сохранность закрепительных знаков и производят детальную разбивку земляного полотна.

## **8.4. Строительство водопропускных труб и малых мостов**

Наибольшее распространение на лесовозных дорогах имеют трубы различных диаметров и конструкций и малые мосты. При пропуске одного и того же количества воды трубы более экономичны по сравнению с мостами и к тому же обеспечивают непрерывность конструкции дорожной одежды, что также положительно сказывается на эффективности эксплуатации дороги. По этой причине при расходах воды до 100 м<sup>3</sup>/с и отсутствии ледохода на водотоке однопролетные мосты заменяют одно- или многоочковыми трубами. Круглые трубы применяют диаметром 0,5; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 2,00 м. Прямоугольные трубы имеют отверстия 2,0 × 2,0; 2,0 × 2,5; 3,0 × 2,5; 4,0 × 2,5 м.

В равнинной и пересеченной местности на 1 км лесовозной дороги приходится в среднем 0,5... 1,2 сооружения. По стоимости искусственные сооружения составляют 10... 25 % сметной стоимости строительства всей дороги.

В зависимости от материала пролетного строения различают мосты деревянные, металлические, железобетонные, каменные и смешанные, а от числа пролетов — однопролетные и многопролетные. Последние, кроме береговых, имеют и промежуточные опоры. Мосты протяжением до 25 м относят к малым, 25... 100 — к средним и свыше 100 м — к большим. Искусственные сооружения со сроком службы более 5 лет относят к постоянным, менее 5 лет — к временным.

На магистралях и ветках лесовозных дорог строят постоянные железобетонные или деревянные многопролетные мосты и сборные железобетонные или из гофрированного металла трубы. На усах строят временные деревянные однопролетные мосты и трубы. Постоянные деревянные мосты строят со степенью капитальности, обеспечивающей их эксплуатацию в течение 20—25 лет.

Мосты и трубы на лесовозных дорогах строят по действующим типовым проектам, привязанным к местным условиям, как правило, индустриальным методом, т. е. путем монтажа заводских конструкций. В зависимости от ширины водотока и высоты опор предусмотрены типовые пролеты длиной 1,5; 3; 4,5; 6; 9; 11,5; 12; 15; 18; 24 и 33 м. Пролетные строения деревянных мостов из цельной древесины устраивают с пролетами до 11,5 м, из клееной древесины мосты рекомендуется проектировать при пролетах 9... 18 м, а металлические, с деревянной проезжей частью, — для пролетов 24 и 33 м.

Опоры деревянных мостов назначают свайные, а при невозможности забивки свай применяют ряжевые опоры. Деревянные мосты высотой до 2,5 м устраивают без конусов, с заборными стенками на всю высоту насыпи. Водопрпускные трубы укладывают на бетонные фундаменты или уплотненные грунтовые (щебеночные, гравийно-песчаные) подушки. При грунтовых подушках устраивают противофильтрующие экраны.

На строительстве водопрпускных сооружений лесовозных дорог применяют последовательный, параллельный и поточный методы.

*Последовательный метод* предусматривает поочередное строительство искусственных сооружений, при котором бригада переходит на следующее сооружение лишь после полного завершения всех работ на предыдущем. Метод применяют при дефиците трудовых и материально-технических ресурсов в строительной организации и наличии значительного резерва времени.

*Параллельный метод* предусматривает одновременное строительство всех искусственных сооружений на дороге. Продолжительность строительства всех сооружений, по существу, равна продолжительности постройки одного наиболее сложного сооружения. Метод требует большого количества рабочих и машин и может быть рекомендован при срочном строительстве.

*Поточный метод* предусматривает разделение бригады на звенья. Каждое звено на каждом искусственном сооружении выполняет определенный конкретный вид работ. Закончив эти работы на первом сооружении, звено переходит для выполнения аналогичных работ на второе сооружение, сохраняя постоянный состав и не имея перерывов в работе.

Малые искусственные сооружения должны быть обязательно построены до подхода специализированного потока по строительству земляного полотна. Средние и большие мосты могут быть закончены одновременно с окончанием строительства дороги; их строительство должно осуществляться специализированными мостостроительными организациями.

**Строительство водопрпускных труб.** Строительство труб состоит из следующих основных операций: подготовительные работы,



возведение основания, монтаж звеньев труб, устройство гидроизоляции и засыпка тела трубы.

В состав *подготовительных работ* входят:

- планировка строительной площадки;
- при необходимости отвод существующего русла;
- доставка оборудования;
- завоз материалов и сборных элементов;
- разбивка положения конструктивных элементов трубы.

Для установления проектного положения трубы теодолитом восстанавливают трассу дороги и мерной лентой дважды измеряют расстояние от ближайшего пикета до продольной оси трубы. В полученной точке устанавливают деревянный столб, в который забивают гвоздь, фиксирующий ось трубы. На этой точке устанавливают теодолит и переносят в натуру угол между осью трубы и трассой дороги. Продольную ось трубы закрепляют контрольными столбами, располагаемыми вне зоны действия дорожных машин. От продольной оси трубы разбивают очертание котлована, по контуру которого забивают колья или делают обноску (рис. 8.7).

Для рытья котлована под основание трубы используют экскаваторы или бульдозеры. Основание трубы в виде гравийно-щебеночной подушки тщательно уплотняют механическими трамбовками. Основанию придают проектный уклон и требуемый на осадку строительный подъем, который зависит от вида грунта и высоты насыпи. При глинистых грунтах строительный подъем назначают равным  $1/40$  высоты насыпи, при песчаных и гравелистых —  $1/70$ .

Трубы монтируют кранами в соответствии с раскладочными схемами, начиная с выходного оголовка (рис. 8.8). Вначале устанавливают фундаментные блоки и первое звено выходного оголовка трубы, затем средние звенья труб и приступают к сборке входного оголовка. Швы между звеньями плотно законопачивают жгутами из пакли, проваренной в битуме. Жгуты с внутренней стороны трубы должны быть утоплены внутрь швов на  $2...3$  см от поверхности звеньев, с наружной стороны швы заполняют горячим битумом, с последующей оклейкой рулонной гидроизоляцией. Все поверхности трубы, соприкасающиеся с грунтом, после очистки обмазывают

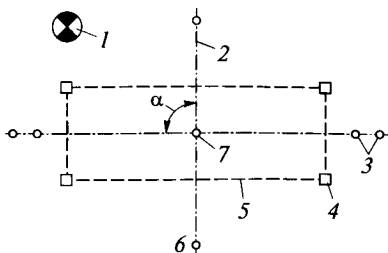


Рис. 8.7. Схема разбивки конструктивных элементов трубы:

1 — временный репер; 2 — ось дороги; 3 — закрепительные вешки оси трубы; 4 — колья; 5 — контур котлована; 6 — вешка на оси дороги; 7 — гвоздь



обычно позже, во время выполнения линейных земляных работ; тогда же выполняют и заключительные работы по сооружению трубы — укрепление русла и откосов насыпи.

**Строительство малых мостов.** При строительстве малых мостов работы выполняют в следующей последовательности:

- разбивка на местности продольной оси моста, осей опор, свайных рядов и отдельных свай;
- разработка котлованов под фундаменты опор;
- установка и погружение свай в грунт с помощью копров и сваебойного оборудования;
- выравнивание свай по окончании забивки и установка насадок;
- монтаж пролетных строений;
- устройство гидроизоляции и проезжей части моста.

Разбивку осей моста и опор начинают с восстановления оси трассы. Мерной лентой измеряют дважды расстояние от ближайшего пикета до продольной оси моста. Зная пикетажное значение осей каждой опоры, непосредственным промером от ближайшего пикетажного столбика устанавливают в натуре положение центров всех опор. Для фиксации оси забивают гвозди на закрепительных столбах, устанавливаемых по теодолиту в створе осей каждой опоры. При разбивке осей опор моста на водотоке в летний период вдоль оси мостового перехода устанавливают легкий мостик. По окончании разбивочных работ приступают к устройству котлованов, а при свайных опорах — к погружению свай.

При сооружении малых мостов на свайных опорах для погружения свай широко применяют различное копровое оборудование, смонтированное на экскаваторах и кранах. Масса ударной части молота должна быть не менее 1,25 массы сваи при их длине до 12 м. Сваи, как правило, погружают до получения расчетного отказа, указанного в проекте. *Отказом* называют среднее нормативное значение погружения сваи от одного залога. За залог принимают группу последовательных ударов.

Вершины забитых свай оказываются, как правило, на разных уровнях. Перед монтажом насадок деревянные сваи спиливают бензопилой, выравнивая под нивелир. Бетонные сваи выравнивают, срубая бетон пневматическими отбойными молотками, а лишнюю арматуру обрезают автогенном.

Рамно-лежневые опоры рекомендуется изготавливать на стройдворах, а установку их производить с помощью лебедки, трелевочного трактора или крана.

Ряжевые опоры удобнее устраивать зимой либо собирать ряж на льду, рядом с местом установки. Ряжи собирают из брусьев. Сопряжение брусьев продольных и поперечных стенок устраивают без врубок, кроме нижних, которые сопрягают врубками в

полдерава. Стенки ряжа в местах их пересечений крепят штырями. Для опускания ряжа в прорубь его венцы наращивают на плаву или частичной загрузкой камнем. После посадки на дно и проверки правильности положения ряж полностью загружается камнем. Летом ряж собирают на берегу и опускают в воду с помощью лебедки на катках или по лежням.

Способ монтажа пролетных строений и тип крана выбирают в зависимости от массы и габарита монтируемых балок, гидрологических условий и времени года. На суходолах чаще всего применяют низовую сборку пролетных строений стреловыми кранами. В этом случае последовательно кран устанавливает балки, начиная с дальней крайней, перемещаясь поперек оси моста (рис. 8.9).

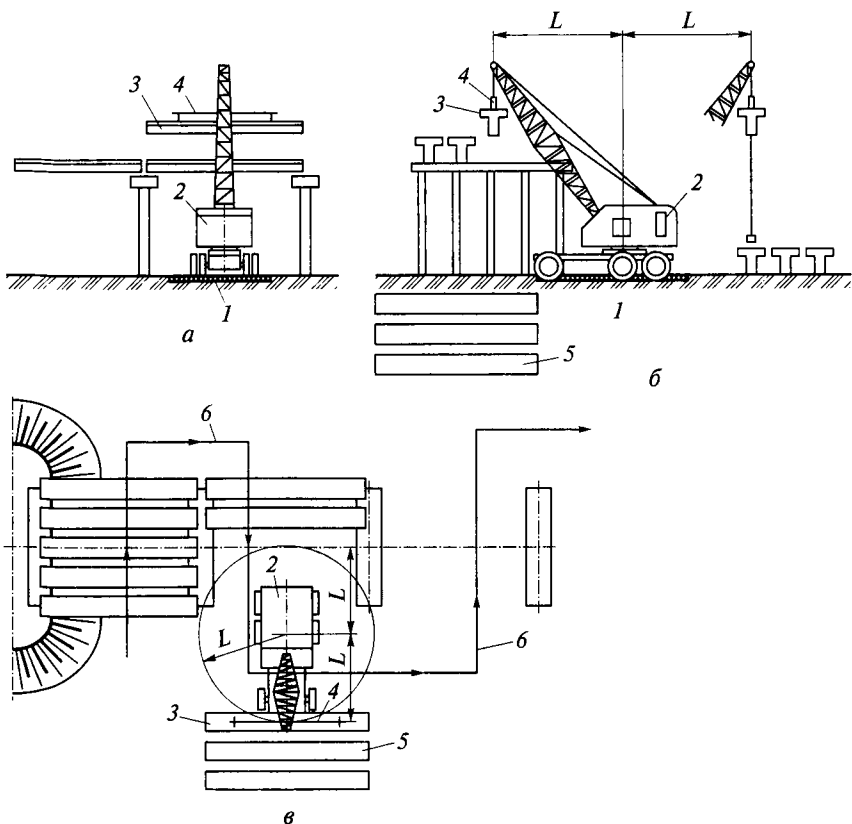


Рис. 8.9. Схема монтажа пролетных строений стреловым краном с земли: *a* — вид сбоку; *б* — вид вдоль оси дороги; *в* — вид сверху; 1 — укрепленный подкрановый путь; 2 — кран; 3 — устанавливаемая балка; 4 — траверса; 5 — склад балок; 6 — траектория движения крана; *L* — радиус рабочей зоны крана

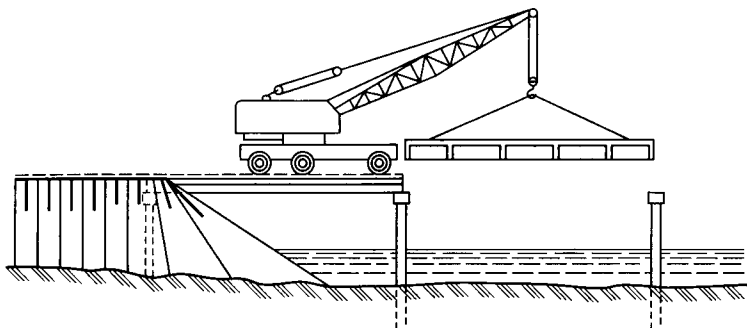


Рис. 8.10. Схема верховой сборки пролетных строений краном

При строительстве моста через постоянный водоток чаще всего приходится применять верховую сборку пролетных строений (рис. 8.10). Такая сборка требует до начала установки балок возведения насыпи на подходах к мосту. После установки всех балок в пролете осуществляют их омоноличивание сваркой выпущенной арматуры.

В состав работ по устройству проезжей части входят:

- установка водоотводных трубок;
- укладка гидроизоляционных слоев;
- устройство защитного слоя;
- установка бордюрных элементов и тротуаров, перильных ограждений;
- устройство покрытия.

## 8.5. Строительство земляного полотна

Земляное полотно относится к числу основных элементов дороги. Конструкция полотна, подбор грунтов и расположение их слоев, методы возведения должны обеспечивать прочность и устойчивость земляного полотна при воздействии подвижной нагрузки и природных факторов и длительное сохранение проектной геометрической формы независимо от погодных условий и времени года.

**Общие требования к сооружению земляного полотна.** Важнейшие показатели прочности и устойчивости земляного полотна обеспечиваются:

- соблюдением проектных размеров земляного полотна;
- отводом поверхностных вод, а также влаги из-под проезжей части;
- необходимым возвышением бровки над уровнем поверхностных и грунтовых вод;

• возведением полотна из устойчивых грунтов с тщательным их послойным уплотнением;

• укреплением откосов насыпей и выемок для предохранения их от сползания, размыва и раздувания ветром.

В состав технологического процесса сооружения земляного полотна входят подготовительные работы, включающие в себя снятие растительного слоя; устройство водоотводных сооружений для перехвата поверхностных вод; подготовку оснований под насыпь, включая их выравнивание и уплотнение, устройство сланей и разбивку земляных работ. Разбивку выполняют на основании проектных материалов продольного профиля, поперечных профилей насыпей и выемок, плана дороги, ведомостей закрепления трассы и реперов, ведомостей круговых и переходных кривых. Разбивочные работы при возведении земляного полотна предусматривают нанесение и закрепление на местности: оси земляного полотна и его бровок; высоты насыпей, глубины выемок и резервов; заложение откосов насыпей и выемок, кавальеров и резервов; ширины и глубины кюветов и канав. Разбивку производят кольями, которые устанавливают через 20...40 м, обозначая контуры насыпей и выемок (рис. 8.11).

Расстояния  $l_1$  и  $l_2$  от оси дороги до мест установки лекал на косогорах рассчитывают по формулам:

для насыпи

$$l_1 = \frac{n}{n+m} \left( \frac{B}{2} + mh \right); \quad l_2 = \frac{n}{n-m} \left( \frac{B}{2} + mh \right);$$

для выемки

$$l_1 = \frac{n}{n+m} \left( \frac{B}{2} + K_1 + mh \right); \quad l_2 = \frac{n}{n-m} \left( \frac{B}{2} + K_1 + mh \right),$$

где  $n$  — показатель крутизны косогора;  $m$  — показатель откоса земляного полотна;  $B$  — ширина земляного полотна;  $h$  — рабочая отметка;  $K_1$  — ширина кювета по верху;  $K_1 = b_0(n+m)h_k$ ;  $b_0$  — ширина кювета по дну;  $h_k$  — глубина кювета.

Высотники устанавливают в местах переломов продольного профиля дороги, а также на биссектрисах вертикальных кривых. Их положение (высоту) определяют с помощью нивелира, привязываясь к ближайшему реперу. При разбивке невысоких насыпей (до 2 м) высотники устанавливают по оси дороги на пикетах и плюсовых точках в виде вешек с прикрепленной горизонтальной планкой, верх которой соответствует отметке насыпи. При более высоких насыпях высотники устанавливают большей частью в процессе производства работ по обеим бровкам земляного полотна.

При разбивке насыпей необходимо предусмотреть запас по высоте на осадку — 1,5...3,0 % при возведении насыпи бульдозером и 3,0...12,0 % при возведении насыпи автовозкой.

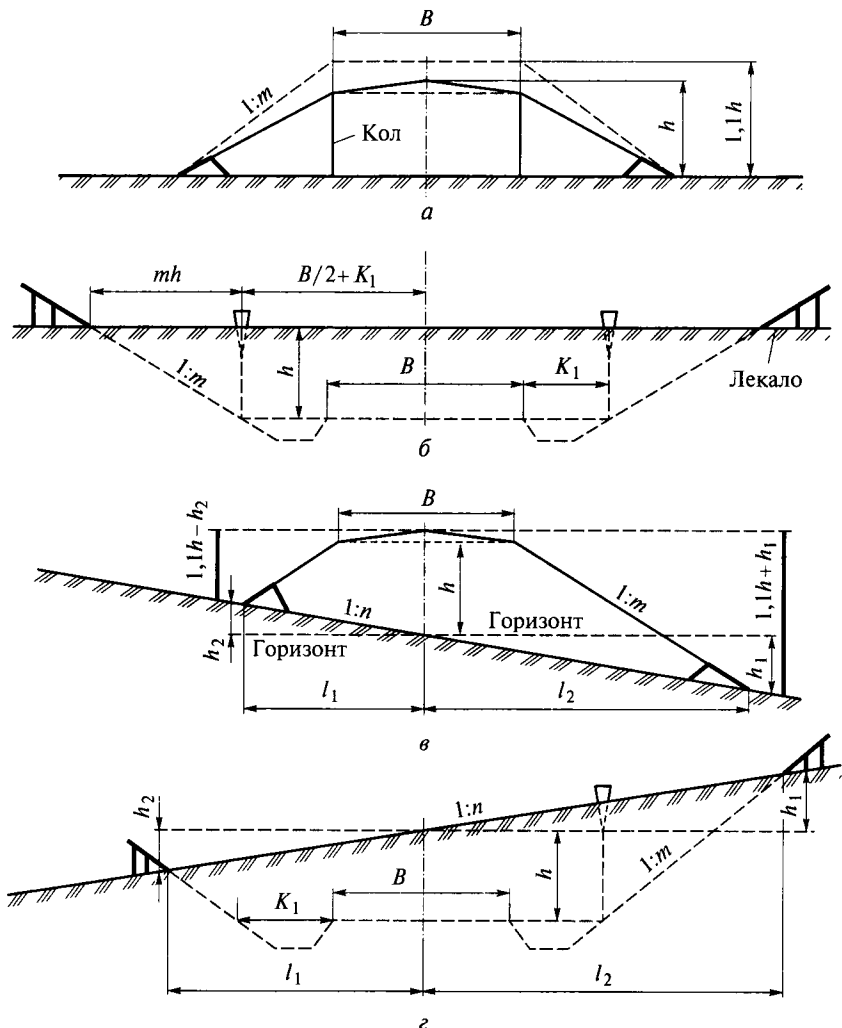


Рис. 8.11. Схема разбивки земельного полотна:

*a* — насыпь; *б* — выемка; *в* — насыпь на косогоре; *г* — выемка на косогоре; *h* — рабочая отметка по оси дороги; *h*<sub>1</sub> и *h*<sub>2</sub> — рабочие отметки откосов земельного полотна на косогоре

- Основные работы по сооружению земельного полотна включают:
- разработку выемок и возведение насыпей с послойным разравниванием и уплотнением грунтов;
  - планировку поверхности и откосов земельного полотна и выработанных резервов, укрепление откосов;
  - рекультивацию карьеров и резервов.

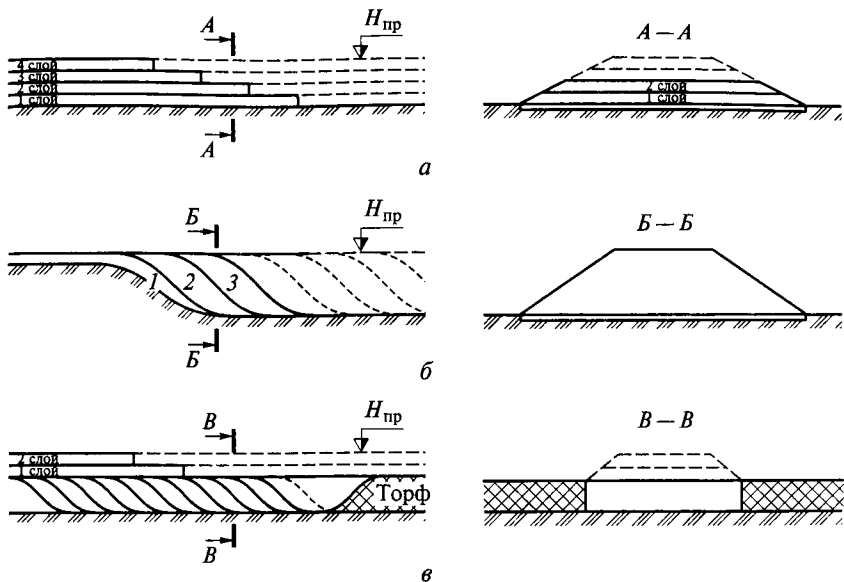


Рис. 8.12. Схемы отсыпки насыпей:

*a* — послойная; *б* — отсыпка насыпи «с головы»; *в* — комбинированный способ;  $H_{пр}$  — проектная отметка; 1—3 — последовательность отсыпки слоев «с головы»

Земляное полотно возводят с опережением последующих работ (с заделом), размер которого должен обеспечивать непрерывное устройство оснований и покрытий дорожных одежд.

Процесс возведения насыпей заключается в укладке грунта в определенном порядке в тело насыпи. Обычно укладку грунта ведут таким образом, чтобы образовался ровный слой определенной толщины, который можно уплотнить до требуемой плотности имеющейся грунтоуплотняющей техникой. Последовательно укладывая слои грунта один на другой, доводят насыпь до нужной высоты — проектной отметки (рис. 8.12, *a*). Основным достоинством этого способа является возможность устройства насыпи с требуемой равномерной плотностью грунта по всему объему, кроме того, послойная укладка позволяет отсыпать насыпи из разных по виду грунтов.

При возведении земляного полотна на участках пересечения болот или оврагов с крутыми склонами произвести послойную укладку грунта становится невозможным. В этом случае применяют способ возведения насыпи «с головы», когда с самого начала насыпь отсыпают до проектной отметки, пока она не пересечет весь участок болота или оврага (рис. 8.12, *б*). Основным недостатком этого способа является невозможность качественного уплотнения в период отсыпки насыпи. Уплотнение



происходит в результате длительной (год и более) постепенной осадки насыпи под действием массы грунта, подвижной нагрузки и погодных факторов. При пересечении болот возможно использование комбинированного способа, сочетающего отсыпку «с головы» нижней части насыпи и послойную — ее верхней части (рис. 8.12, в).

Насыпи возводят горизонтальными или слабонаклонными слоями, отсыпаемыми поперечным или продольным способом. При *поперечном способе* насыпь отсыпают из резервов на всю ширину и длину, применяя бульдозеры, автогрейдеры, скреперы, а на открытых местах — грейдер-элеваторы. *Продольный способ* применяют при устройстве насыпи из соседней выемки и грунтовых карьеров, а также при отсыпке конусов и при засыпке оврагов и труб. При разработке выемок грунт транспортируют в соседнюю насыпь (продольный способ) или отвозят в отвал-кавальер (поперечный способ).

Выемки глубиной до 6 м при однородных грунтах разрабатывают экскаваторами сразу до проектных отметок; такой способ называют *лобовым* (рис. 8.13, а). При глубоких выемках, когда максимальная высота забоя для экскаватора меньше глубины выемки, применяют ярусный способ, обеспечивающий постепенную ярусную разработку выемки (рис. 8.13, б, в).

**Выбор комплекта машин для сооружения земляного полотна.** Средства механизации для земляных работ выбирают в зависимости от конструкции земляного полотна (насыпь, выемка), рабочих отметок, свойств грунтов и их состояния, дальности перемещения, объемов работ, сроков строительства и возможности полной и равномерной загрузки выбранных средств механизации в течение всего срока выполнения работ. Сначала выбирают ведущую машину, при помощи которой выполняют основные объемы, а затем вспомогательные машины для выполнения всех остальных работ, входящих в технологический процесс сооружения земляного полотна. Ведущую и вспомогательные машины подбирают из условия комплексной механизации работ с увязкой всех машин по производительности.

Большое влияние на производительность машин, используемых для земляных работ, и на стоимость этих работ оказывает вид и состояние разрабатываемого грунта. По трудности разработки различными машинами грунты делят на группы: 1 — легкоразрабатываемые, 2 — средней трудности разработки, 3 — тяжелые для разработки, 4 — особо тяжелые для разработки. Грунты 3 и 4 групп необходимо послойно рыхлить для более эффективного использования землеройных машин.

При выборе машин для сооружения земляного полотна следует использовать следующие рекомендации, основанные на опыте строительства (табл. 8.2).

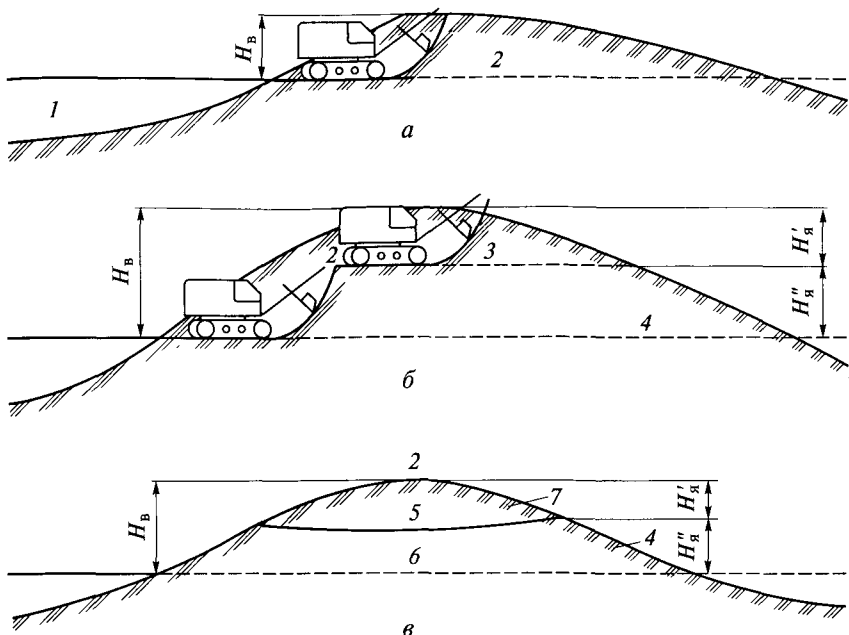


Рис. 8.13. Способы разработки выемок:

*a* — лобовой; *б, в* — ярусный; 1 — насыпь; 2 — выемка; 3 — первый ярус; 4 — второй ярус; 5 — супесчаный грунт; 6 — суглинок;  $H_{в}$  — глубина выемки;  $H'_{я}$ ,  $H''_{я}$  — высота соответствующего яруса

На основании этих рекомендаций комплектуют несколько отрядов с возможными ведущими и вспомогательными машинами для данных условий. При предварительном выборе решают, какие комплекты в данных условиях малоконкурентны или вообще не пригодны. Например, на грунтах с валунами комплекты 4 и 5 заведомо непригодны. Окончательный выбор конкурирующих вариантов производят на основании сравнения основных технико-экономических показателей: трудоемкости, энергоемкости, себестоимости работ, приведенных затрат.

**Распределение земляных масс.** Местные грунты являются основным дорожно-строительным материалом, из которого сооружается земляное полотно дороги. Распределение земляных масс предполагает решение двуединой задачи — выбор источников грунтов для возведения насыпей, маршрутов транспортировки грунта из выемок и комплектов машин для выполнения этих операций. Решение этих вопросов оформляется в виде графика распределения земляных масс (рис. 8.14). График распределения земляных масс составляется на основе поикетных объемов земляных работ, технико-экономического обоснования разработки и переме-

**Рекомендации по выбору комплектов машин для строительства  
земляного полотна**

Номер комплекта	Ведущая машина	Вспомогательные машины	Условия применения
1	Бульдозер	Рыхлитель, каток, автогрейдер	Возведение насыпей из боковых резервов высотой до 1,5 м, насыпей из выемок и сосредоточенных резервов. Расстояние перемещения до 100 м
2	Экскаватор с транспортными средствами	Бульдозер, каток, автогрейдер	Насыпи из карьеров, выемки в насыпь. Расстояние перемещения 0,5 км и более
3	Экскаватор	Бульдозер, каток, автогрейдер	Возведение насыпи из канав и боковых резервов, разработка выемок в отвал
4	Скрепер	Рыхлитель, бульдозер, каток, автогрейдер	Возведение насыпей и разработка выемок при расстоянии перемещения грунта 0,1...3 км
5	Автогрейдер	Рыхлитель, каток	Возведение насыпей высотой до 0,8 м из канав или боковых резервов

щения грунта различными механизмами, а также рекомендаций по выбору ведущих машин для земляных работ. В графике указывают попикетные объемы насыпи, выемки, источники грунта для возведения насыпи, места транспортировки грунта из выемок и применяемые землеройно-транспортные машины.

При составлении графика распределения необходимо стремиться к максимальному использованию грунта из выемок для возведения соседних насыпей (рис. 8.15). Такое распределение наиболее экономично, так как обеспечивает одновременное выполнение разработки выемки и создание насыпи. Ограничением здесь могут быть только предельное, эффективное расстояние транспортировки грунта и пригодность грунта к использованию в земляном полотне. В этом случае грунты выемок приходится отсыпать в отвалы (кавалеры).

Вторым по эффективности источником получения грунта для насыпей являются грунты боковых резервов. Этот источник грунта является наиболее приемлемым на всех участках трассы, где закладка боковых резервов возможна, а грунт отвечает требова-

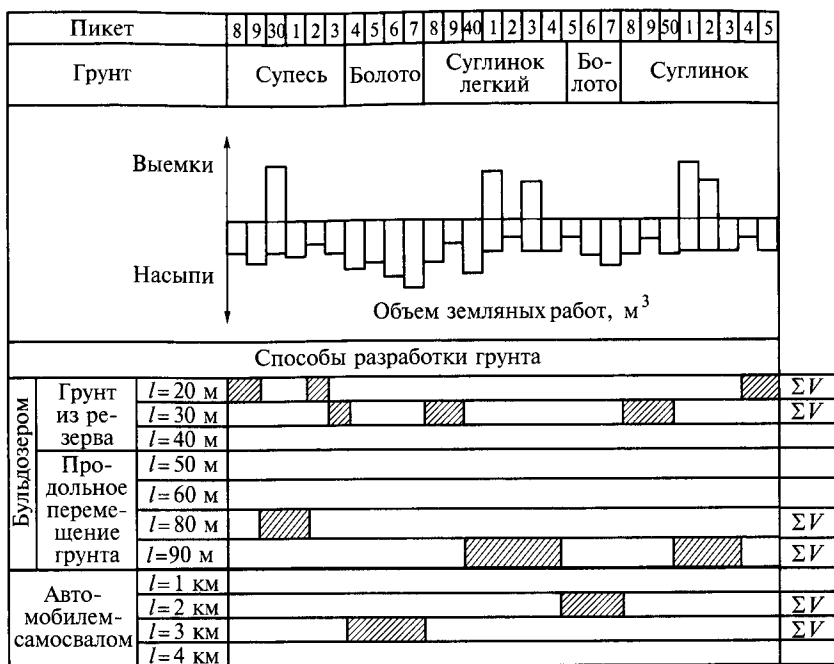


Рис. 8.14. График распределения земляных масс:

$\Sigma V$  — суммарный объем земляных работ по выбранному способу разработки грунта. Если способ не используется — объема  $\Sigma V$  нет

ниям строительства. Дешевизна этого грунта делает целесообразным его использование и в тех случаях, когда высота насыпи более 1 м, что ограничивает возможность применения такой высокопроизводительной машины, как бульдозер. В этом случае грунт из боковых резервов может быть использован для отсыпки нижней части насыпи на высоту до 1 м от поверхности земли.

Применение в качестве источника грунта для отсыпки насыпей сосредоточенных резервов и грунтовых карьеров связано с



Рис. 8.15. Схема распределения земляных масс

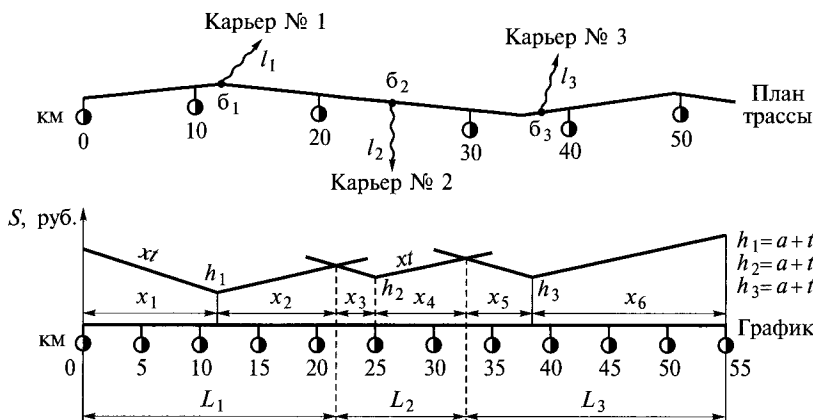


Рис. 8.16. График определения зон снабжения карьерными материалами:  $b_1, b_2, b_3$  — точки примыкания карьерных дорог к строящейся;  $l_1, l_2, l_3$  — протяженность карьерных дорог;  $S$  — стоимость кубометра карьерного грунта на строящейся дороге;  $h_1, h_2, h_3$  — стоимость карьерных грунтов в точке примыкания карьерных дорог к строящейся дороге, руб./м<sup>3</sup>;  $x_1 - x_6$  — участки зон снабжения карьерными материалами;  $L_1, L_2, L_3$  — протяженность зон снабжения карьеров соответственно № 1, 2 и 3;  $a$  — стоимость разработки и погрузки грунта в карьере, руб./м<sup>3</sup>;  $t$  — стоимость транспортировки грунта, руб./(м<sup>3</sup> · км)

транспортировкой грунта на значительные расстояния, обходится дорого и может быть рекомендовано лишь для отсыпки высоких (более 1 м) насыпей и на пересечениях болот, где закладка боковых резервов невозможна. При этом возникает необходимость в оптимальном размещении вдоль строящейся дороги резервов и карьеров с установлением для каждого границ зон снабжения (рис. 8.16).

**Технология возведения насыпей и разработки выемок.** При строительстве лесных дорог преимущественно применяют поперечный способ возведения насыпей бульдозерами из боковых резервов (рис. 8.17). Бульдозеры наиболее эффективны при возведении насыпи высотой до 1,5 м. При перемещении грунта со смежного косогора высоту насыпи можно доводить до 2 м; при устройстве насыпи большей высоты ее верхнюю часть отсыпают скреперами или автовозкой. Рабочий цикл бульдозера при возведении земляного полотна из боковых резервов состоит из зарезания грунта, его перемещения, укладки и обратного холостого хода к месту набора.

Для повышения производительности бульдозеров и уменьшения потерь грунта при транспортировании набор грунта следует производить в траншеях, расположенных поперек резерва, оставляя перемычку между траншеями 0,5...0,7 м. Разработку траншей начинают на расстоянии от подошвы насыпи, обеспечивающем полный набор грунта перед отвалом бульдозера. Каждое последующее зарезание проводят, отступая от начала предыдущего на

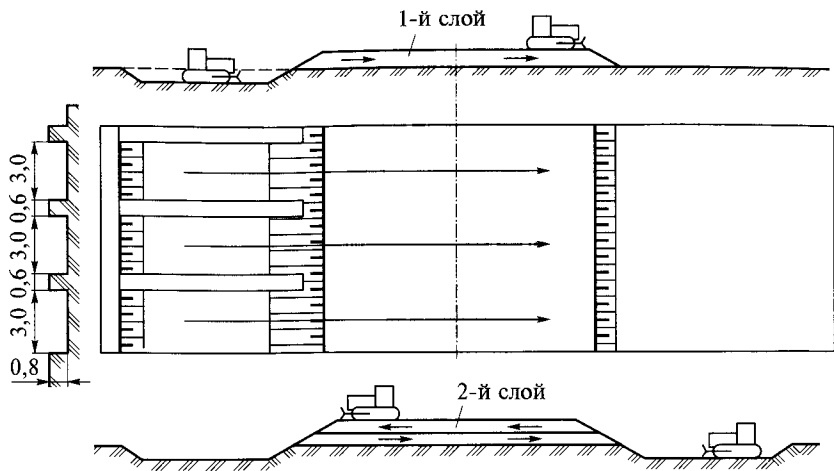


Рис. 8.17. Траншейно-поперечная схема возведения насыпи бульдозером из боковых резервов (все размеры указаны в метрах)

такое же расстояние, но не далее внешней бровки бокового резерва, а перемещаемый в насыпь грунт укладывают в притык к уложенному ранее. Для повышения производительности бульдозера тяжелые и сухие грунты в резервах необходимо предварительно рыхлить.

При небольшой высоте насыпей (менее 0,6 м) их можно возводить из боковых резервов с применением автогрейдеров тяжелого типа (рис. 8.18). В этом случае грунт перемещается в насыпь вдоль отвала, установленного под углом  $45 \dots 50^\circ$ . Боковые резервы устраивают с обеих сторон насыпи. Автогрейдер во время работы движется вдоль дороги сначала с одной стороны насыпи, затем в конце захватки переходит на другую сторону, совершая круговые движения. Технологический процесс в данном случае состоит из ходов зарезания, перемещения и планировки. Рабочее положение отвала автогрейдера при выполнении этих операций меняется и характеризуется углами захвата, резания и зарезания. Работы рекомендуется вести двумя захватками: на первой тяжелым грейдером вырезают в резерве грунт и перемещают его в насыпь, на второй планируют и уплотняют катками ранее отсыпанный слой грунта.

Вместо автогрейдеров для отсыпки насыпи из боковых резервов можно использовать бульдозеры универсального типа с поворотным отвалом в плане — до  $60^\circ$  и в плоскости, перпендикулярной оси дороги, — до  $15^\circ$ .

При возведении насыпей с использованием грунта из боковых резервов работы ведут сразу на нескольких захватках. Например, при отсыпке низких насыпей (0,3...0,4 м), когда их отсыпают в один слой, работы ведут на четырех захватках. На первой захватке

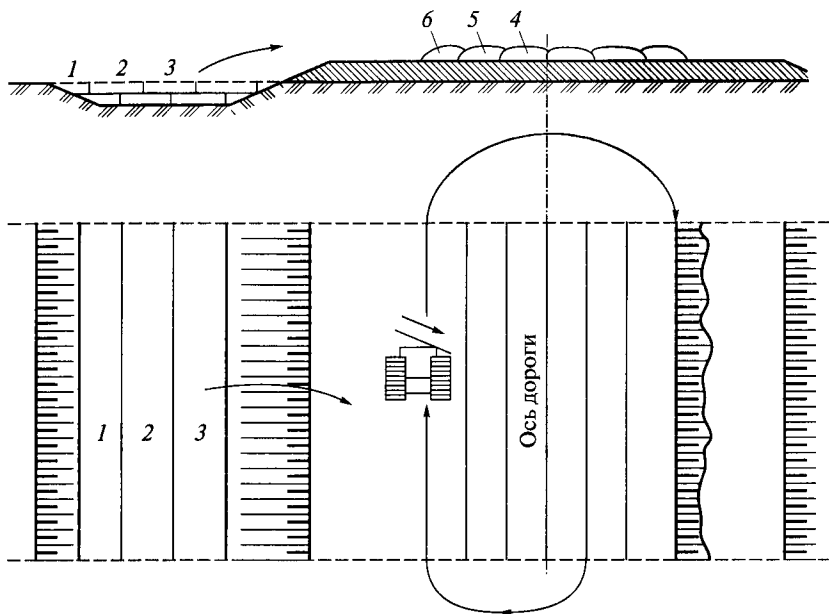


Рис. 8.18. Схема возведения насыпи из боковых резервов круговыми проходами автогрейдера или бульдозера с поворотным отвалом:

1—3 — последовательность зарезания грунта; 4—6 — последовательность укладки грунта в тело насыпи

убирают растительный слой. На второй захватке осуществляются разработка, перемещение и укладка грунта с его предварительной планировкой. На третьей захватке обеспечивается уплотнение грунта, а на четвертой — планировка поверхности и откосов насыпи и резервов, их рекультивация. При большем числе слоев работы, указанные на второй и третьей захватках, выполняются попеременно, т. е. когда на третьей захватке производится укладка грунта, то на четвертой уплотняется только что отсыпанный слой (рис. 8.19).

Производительность бульдозера в смену при резании и перемещении грунта определяют по формуле

$$\Pi = \frac{3600(T - t_{п.з})k_b k_{укл} V_{пр}}{t_{ц}},$$

где  $T$  — продолжительность рабочей смены, ч;  $t_{п.з}$  — подготовительно-заключительное время, ч;  $k_b$  — коэффициент использования сменного рабочего времени,  $k_b = 0,8 \dots 0,9$ ;  $k_{укл}$  — коэффициент, учитывающий влияние уклона (при движении на спуск  $k_{укл} = 1,3 \dots 1,5$  и на подъем —  $k_{укл} = 0,8 \dots 0,9$ );  $V_{пр}$  — объем грунта призмы волочения,  $m^3$ ;  $t_{ц}$  — продолжительность рабочего цикла, с.

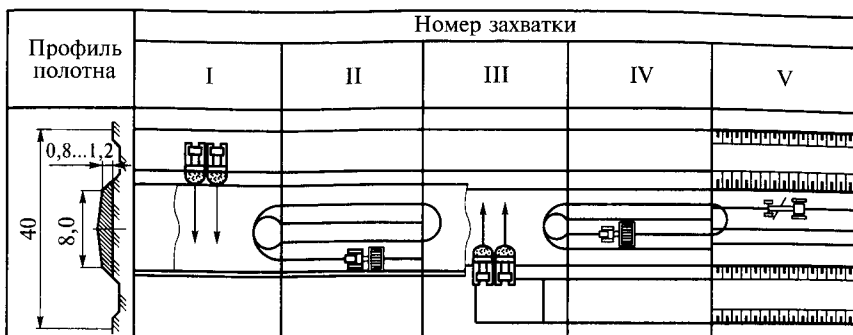


Рис. 8.19. Технологическая схема потока по возведению насыпи из боковых резервов бульдозером (все размеры указаны в метрах):

I, III — разработка, перемещение и разравнивание грунта бульдозерами; II, IV — уплотнение грунта первого и второго слоев пневмокатком; V — профилирование поверхности земляного полотна, откосов и дна резервов автогрейдером

Объем призмы волочения  $V_{пр}$ ,  $m^3$ , можно определить по формуле

$$V_{пр} = 0,5LH^2k_{пр}/k_{раз},$$

где  $L$  — длина отвала, м;  $H$  — высота отвала, м;  $k_{пр}$  — коэффициент учета формы призмы,  $k_{пр} = 0,7...1,3$ ;  $k_{раз}$  — коэффициент учета разрыхления грунта,  $k_{раз} = 1,1...1,2$ .

Возводить земляное полотно из боковых резервов можно также скреперами (рис. 8.20), однако их применение эффективно только при высоте насыпи более 1,5 м и значительных (более 100 м) расстояниях продольного перемещения грунта.

В ряде случаев небольшие насыпи из грунта, взятого из боковых резервов или уширенных канав, целесообразно отсыпать с применением одноковшовых экскаваторов, работающих обратной лопатой с профильным ковшом. Более целесообразно возводить насыпь экскаваторами в переувлажненных грунтах, на хворостяной подушке и в заболоченной местности, где использование бульдозеров невозможно или затруднительно. Отсыпка насыпи производится в два слоя: первый слой из одной канавы, второй из другой. Технологическая схема возведения насыпи экскаватором из боковых канав приведена на рис. 8.21.

Грунты, получаемые при разработке выемок, используют для отсыпки близлежащих, примыкающих к выемкам насыпей с продольным перемещением грунта. Объемы выемок, как правило, невелики, и при прокладке трассы дороги в равнинной местности, где из-за избытка влажности закладка боковых резервов исключена, приходится использовать в качестве дополнительного



источника грунта сосредоточенные резервы и грунтовые карьеры, также требующие организации продольной возки грунта.

Для выполнения основных работ по продольному перемещению грунта применяют бульдозеры, скреперы или экскаваторы (фронтальные погрузчики) с транспортными средствами.

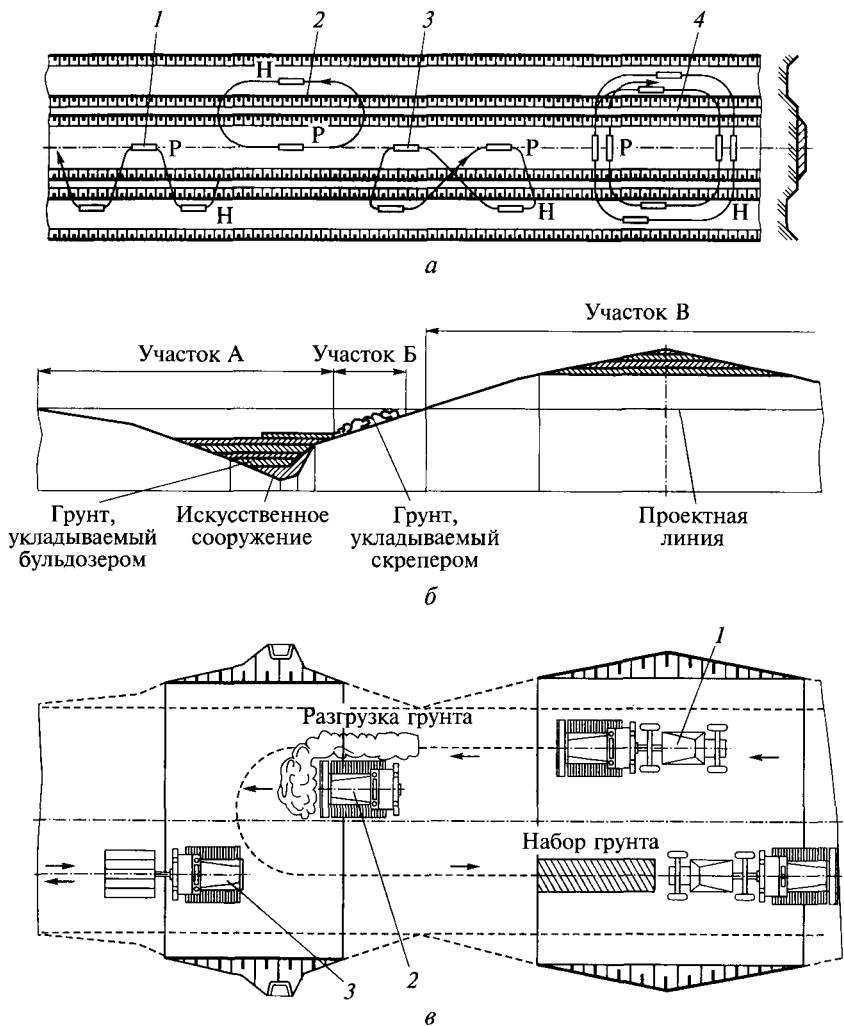


Рис. 8.20. Возведение земляного полотна скреперами:

*а* — схемы работы скрепера: 1 — зигзагом; 2 — по эллипсу; 3 — восьмеркой; 4 — по спирали; *б* — продольный профиль разработки выемки в насыпь; *в* — план разработки выемки в насыпь: 1 — скрепер; 2 — бульдозер; 3 — каток; Н — набор грунта; Р — разгрузка грунта

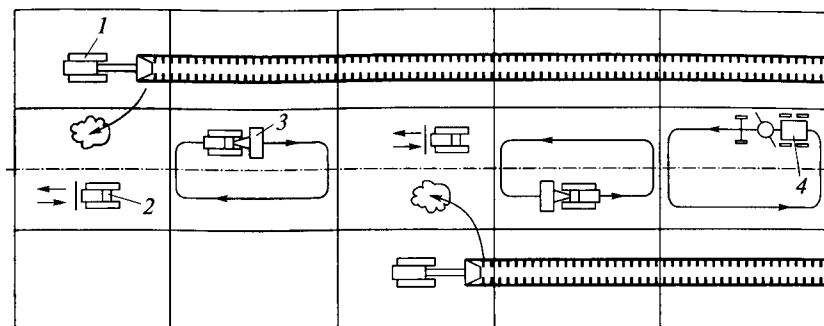


Рис. 8.21. Технологическая схема возведения земляного полотна в насыпи экскаватором из боковых канав:

1 — экскаватор; 2 — бульдозер; 3 — каток; 4 — автогрейдер

При использовании в качестве ведущих машин бульдозеров весьма технологичной является ярусно-траншейная схема разработки неглубоких (до 6 м) выемок (рис. 8.22). Разработку начинают с участков, наиболее близких к возводимой насыпи. Работы на отсыпаемой насыпи при этом ведут в основном на двух захватках: на одной укладывают и разравнивают грунт, на второй его уплотняют. К разработке верхнего яруса приступают после разбивки и обозначения границ выемки. Каждый ярус по ширине выемки разбивают на продольные траншеи 1 с оставлением между ними полосы нетронутого грунта 2 шириной 0,8... 1 м. Грунт по траншеям перемещают в насыпь и укладывают слоями требуемой толщины, начиная от бровки насыпи с перемещением к оси дороги.

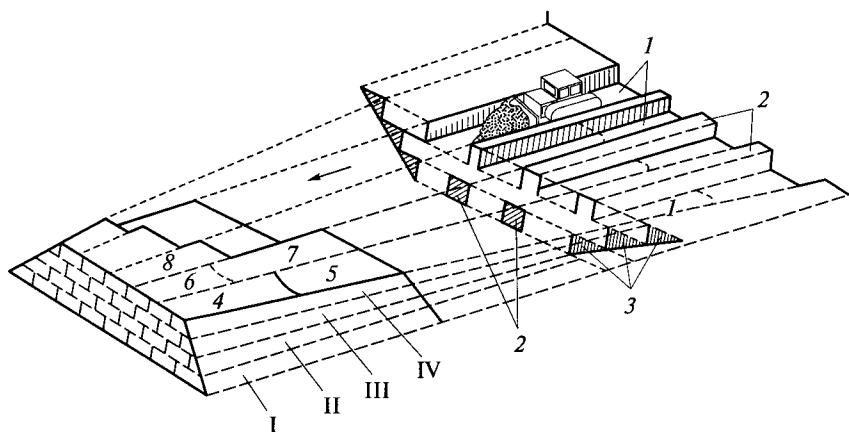


Рис. 8.22. Разработка выемки бульдозером с перемещением грунта в насыпь:

1 — траншеи для перемещения грунта; 2 — перемычки; 3 — полки откосов; 4 — 8 — порядок укладки слоев грунта в насыпь; I—V — слои укладываемого грунта

Траншею постоянно заглубляют с уклоном  $10 \dots 15^\circ$  в сторону насыпи, что обеспечивает повышение производительности бульдозера. Стенки траншей срезают после разработки верхнего яруса по всей ширине выемки. Также разрабатывают последующие ярусы. Образовавшиеся ступенчатые откосы  $З$  срезают бульдозером,двигающимся сверху вниз и сдвигающим срезанный грунт в крайнюю траншею, по которой его перемещают в насыпь.

При строительстве лесных дорог экскаваторы на разработке выемок применяют редко, главным образом в гористой местности, где длина и глубина выемок значительны. Гораздо чаще одноковшовые экскаваторы используют на разработке грунтовых карьеров.

Разработку грунта в неглубоких коротких выемках за одну проходку и разработку первой проходки каждого яруса карьера осуществляют методом лобового забоя (рис. 8.23, а, б). В широких карьерах применяют схему уширенного лобового забоя (рис. 8.23, в). Для улучшения условий подъезда транспортных средств и уменьшения угла поворота экскаватора целесообразно осуществлять разработку грунта по схеме бокового забоя (рис. 8.23, г).

Послойную отсыпку насыпи автосамосвалами при продольном перемещении грунта ведут от краев к середине на двух захватках — на одной из них грунт разгружают и разравнивают требуемым слоем, на другой — уплотняют.

Производительность одноковшового экскаватора  $\Pi$ ,  $\text{м}^3/\text{смена}$ , можно определить по формуле

$$\Pi = \frac{3\,600(T - t_{\text{п-з}})qk_{\text{в}}k_{\text{н}}}{t_{\text{ц}}k_{\text{раз}}},$$

где  $T$  — продолжительность смены, ч;  $t_{\text{п-з}}$  — подготовительно-заключительное время, ч;  $q$  — вместимость ковша экскаватора,  $\text{м}^3$ ;  $k_{\text{в}}$  — коэффициент использования рабочего времени;  $k_{\text{н}}$  — коэффициент наполнения ковша,  $k_{\text{н}} = 0,8 \dots 1,1$ ;  $t_{\text{ц}}$  — продолжительность рабочего цикла, с;  $k_{\text{раз}}$  — коэффициент разрыхления грунта,  $k_{\text{раз}} = 1,1 \dots 1,2$

Производительность автомобилей-самосвалов  $\Pi_{\text{авт}}$ ,  $\text{м}^3/\text{смена}$ , определяется по формуле

$$\Pi_{\text{авт}} = \frac{(T - t_{\text{п-з}})Qk_{\text{в}}}{\left(\frac{2L}{v} + t_{\text{пр}}\right)\rho},$$

где  $Q$  — грузоподъемность автомобиля-самосвала, т;  $L$  — расстояние перевозки грунта, км;  $v$  — средняя скорость движения, км/ч;  $t_{\text{пр}}$  — время простоя под погрузкой и разгрузкой за рейс, ч;  $\rho$  — плотность грунта,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

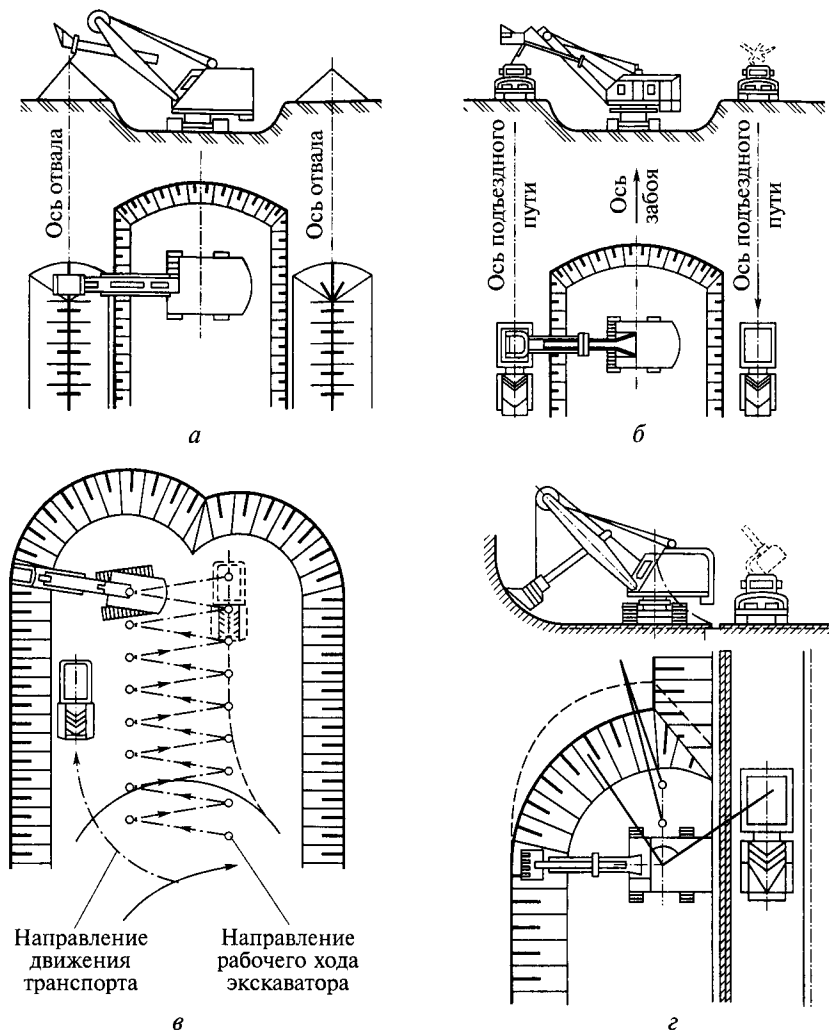


Рис. 8.23. Схемы разработки грунта экскаватором с погрузкой в автотранспортные средства или выгрузкой в отвал:

*а* — лобовая проходка с выгрузкой грунта в отвал; *б* — лобовая проходка с погрузкой в автотранспортные средства, перемещающиеся по верху разработки; *в* — то же, с погрузкой грунта в автотранспортные средства, передвигающиеся по подошве забоя; *г* — боковой забой

**Уплотнение грунтов земляного полотна.** Устойчивость земляного полотна, следовательно, надежность и прочность дорожной одежды во многом зависят от степени и равномерности послойного уплотнения грунта в насыпи. Наблюдения показали, что стабилизация грунта в результате самоуплотнения малоэффективна ввиду

значительной продолжительности процесса самоуплотнения. Насыпи приобретают стабильную плотность лишь через 4 года, а в северных условиях — через 8—10 лет. Таким образом, искусственное уплотнение грунта является необходимой, обязательной операцией в технологическом процессе возведения земляного полотна. Вместе с тем уплотнение является и самым дешевым способом повышения прочности и водостойкости грунта.

Требуемая плотность грунтов в верхней части насыпи должна быть не менее 0,98, а нижней — 0,95 от максимальной стандартной. При возведении насыпи из боковых канав экскаватором первоначальный коэффициент уплотнения отсыпанного грунта составляет 0,6...0,75, а при автовозке — 0,8...0,85. Чтобы коэффициент уплотнения был не ниже 0,95, необходимо уплотнять грунт специальными машинами (табл. 8.3).

Применение катков — наиболее простой и эффективный способ уплотнения. Катки с гладкими вальцами и пневмоколесные статического действия пригодны для уплотнения связных и несвязных грунтов. Кулачковые и решетчатые катки могут уплотнять только связные и комковатые, мерзлые грунты. Виброкатки наиболее эффективны для уплотнения несвязных грунтов.

Рациональные режимы работы катков с гладкими вальцами требуют подкатки — предварительного уплотнения грунтов более легкими катками. На очень рыхлых грунтах непосредственное применение тяжелого катка вследствие сильного волнообразования неэффективно, а в ряде случаев и невозможно. Предварительная подкатка грунта не требуется, лишь если насыпь отсыпана автосамосвалами или возведена бульдозером.

Для уплотнения грунтов в процессе возведения насыпи наиболее эффективны катки на пневматических шинах. Их основные преимущества по сравнению с катками с гладкими вальцами заключаются в большей площади контакта с поверхностью грунта и более равномерном распределении давлений по этой площади за счет эластичности шин. Это способствует увеличению глубины распространения напряжений в уплотняемом грунте и длительности их воздействия по сравнению с катками с гладкими вальцами, при повторных проходах которых площадь контакта и глубина распространения напряжений постепенно уменьшается. Пневмоколесные катки универсальные, так как могут использоваться для уплотнения различных грунтов, в то время как область применения других катков ограничена.

Важное значение имеет скоростной режим при уплотнении. Первый проход каток совершает на малой (1,5...2,0 км/ч) скорости. Этим обеспечивается лучшая ровность поверхности слоя, которая сохраняется и при последующих проходах на более высоких скоростях. При последующих проходах скорость повышают до максимальной рабочей, доводя плотность грунта до требуемой.

Толщина уплотняемых слоев и число проходов уплотняющих машин

Вид уплотняющей машины	Толщина слоя грунта					
	Пески, супеси легкие		Суглинки, глины		Крупнообломочный, мерзлый (комья)	
	Коэффициент уплотнения					
	0,95	0,98...1,0	0,95	0,98...1,0	0,95	0,98...1,0
Катки на пневматических шинах массой 20... 30 т	$\frac{14}{40}$	$\frac{18}{30}$	$\frac{16}{35}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{16}{20}$	$\frac{20}{15}$
Катки на пневматических шинах массой 15... 16 т	$\frac{16}{25}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{22}{25}$	—	—
Катки кулачковые и решетчатые массой 16... 20 т	$\frac{8}{40}$	$\frac{12}{30}$	$\frac{8}{35}$	$\frac{12}{20}$	$\frac{6}{40}$	$\frac{8}{30}$
Катки кулачковые массой 8 т	$\frac{6}{30}$	$\frac{9}{20}$	$\frac{8}{30}$	$\frac{12}{20}$	$\frac{6}{20}$	—
Катки вибрационные массой 4... 8 т	$\frac{4}{75}$	$\frac{6}{40}$	—	—	$\frac{4}{60}$	$\frac{6}{40}$
Катки вибрационные массой 12... 16 т	$\frac{6}{100}$	$\frac{8}{60}$	—	—	$\frac{6}{80}$	$\frac{8}{60}$
Трамбовочная плита массой 5,5 т	$\frac{3}{100}$	$\frac{6}{120}$	$\frac{3}{120}$	$\frac{6}{90}$	$\frac{4}{120}$	$\frac{8}{90}$
Автомобили-самосвалы массой 10... 15 т	$\frac{15}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{20}$	—	—	—
Скрепер с вместимостью ковша 7... 8 м <sup>3</sup>	$\frac{16}{20}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{16}{20}$	$\frac{20}{20}$	—	—

Примечание. В числителе условной дроби указано число проходов катка по одному следу, в знаменателе — толщина уплотняемого слоя в сантиметрах.

Грунты укатывают по кольцевой схеме с постепенным смещением от обочин к оси дороги и перекрытием предыдущего следа последующим на треть ширины вальца для равномерности уплотнения (рис. 8.24).

Контроль уплотнения грунтов заключается в систематическом определении плотности грунтов каждого уплотняемого слоя и в сопоставлении ее с требуемой, а также в наблюдении за влажно-

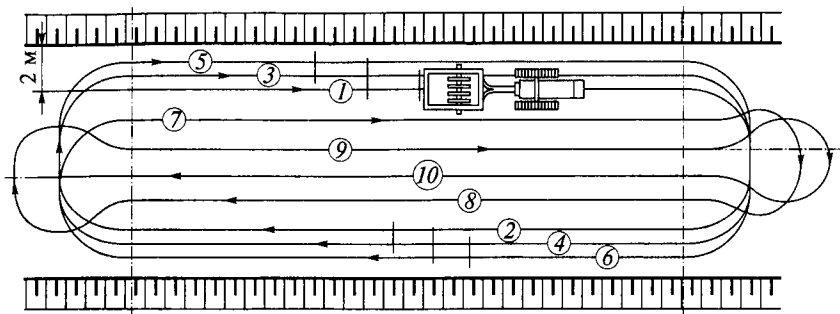


Рис. 8.24. Схема проходов катка при послойном уплотнении грунта в насыпи:

1—10 — последовательность проходов катка

стью грунта, толщиной слоев и числом проходов уплотняющих средств. Уменьшение плотности от наименьшего требуемого значения не должно превышать 4% и допускается не более чем у 10% образцов; отклонение не должно превышать по абсолютному значению 0,04.

**Особенности возведения земляного полотна на болотах.** Возводить насыпи на болотах целесообразно в зимнее время, когда имеется возможность беспрепятственного проезда по болоту. Насыпи на болотах возводят из привозных дренирующих грунтов. Выторфовывание при необходимости выполняют экскаватором. Предварительно полосу движения экскаватора очищают от снега и растительности. После промерзания полосы на глубину 0,3...0,4 м торф удаляют экскаватором, оборудованным обратной лопатой. Вынутый торф укладывают с обеих сторон будущей дороги. После зачистки дна траншеи начинают подвозку грунта для отсыпки насыпи. Высота насыпи должна быть не менее 0,8 м. На неглубоких болотах I типа выторфовывание можно проводить бульдозером.

При отсыпке насыпи на болоте без выторфовывания рабочие операции выполняют не по захваткам, а на всю протяженность болота, так как развороты дорожно-строительных машин на узком земляном полотне затруднительны и опасны. Отсыпать насыпи на болотах следует «с головы», автосамосвалами, дренирующим грунтом. При отсыпке насыпи в летнее время толщину первого слоя следует делать больше обычного — 0,3...0,4 м, чтобы обеспечить безопасный проезд машин. Уплотнение при этом следует проводить виброкатками или трамбуемыми машинами.

Если болото имеет незначительную длину, а берега сложены из дренирующих грунтов, насыпь целесообразно возводить бульдозером с продольным перемещением грунта из сосредоточенных резервов. При больших расстояниях доставки грунта используют

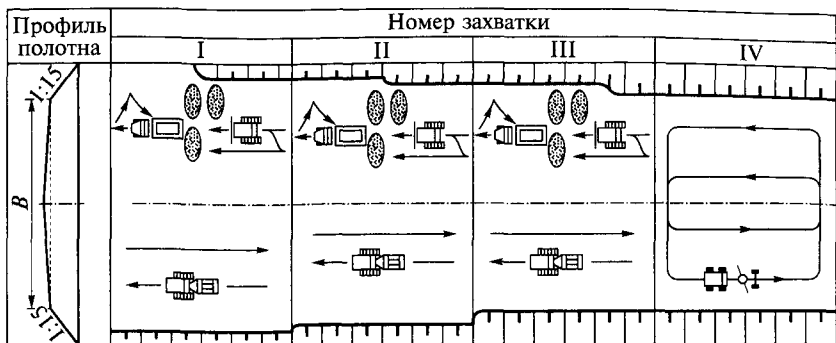


Рис. 8.25. Технологическая схема возведения насыпи в три слоя

автомобили-самосвалы (рис. 8.25). На первой захватке производят доставку грунта из карьера для первого слоя автосамосвалами с разравниванием универсальным бульдозером и уплотнением прицепным катком. На второй и третьей захватках выполняют аналогичные операции по возведению второго и третьего слоев, а на четвертой — окончательное профилирование откосов и верха земляного полотна автогрейдером.

При возведении насыпи на болоте без выторфовывания и при толщине торфа 0,8...1,0 м грунт отсыпают либо непосредственно на нераскорчеванное основание, либо с укреплением выстилкой из хвороста или геотекстиля. При толщине торфа 1...2 м под хворостяную выстилку укладывают разреженный настил, а при толщине торфа более 2 м обычно земляное полотно устраивают на слянях.

**Особенности производства земляных работ в зимнее время.** Земляные работы наиболее эффективны при разработке талых грунтов. Разработка мерзлых грунтов сопряжена с дополнительными трудностями: рыхлением, утеплением забоя, защитой его от снежных заносов и сложностью уплотнения насыпей при низких температурах. В то же время выполнение части земляных работ в зимний период дает возможность продлить строительный сезон и более равномерно использовать дорожно-строительные машины.

Подготовка грунта к разработке в зимних условиях может включать в себя предохранение грунта от промерзания; рыхление или оттаивание мерзлого грунта. Последний способ очень энергоемкий и дорогой, применяют его в исключительных случаях при малых объемах работ.

В зимнее время можно разрабатывать выемки и карьеры в сухих песчаных, гравийно-галечниковых и скальных грунтах, возводить насыпи из этих грунтов, устраивать насыпи на болотах. В связных, смерзающихся грунтах можно выполнять только сосредоточенные работы, принимая меры для защиты грунта от смерзания путем



предварительного их рыхления на глубину не менее 35 см, обработкой солевыми химическими реагентами или нанесением на поверхность грунта теплоизоляционного слоя из опилок, щепы, торфа, пенообразующих химических веществ.

Технология выполнения земляных работ в зимнее время на строительстве лесных дорог основана главным образом на использовании экскаватора с автосамосвалами. Основания под насыпи, возводимые зимой, следует готовить в летнее время, а перед началом производства работ тщательно очищать их от снега и льда.

Работа землеройных машин в забоях в зимнее время должна производиться круглосуточно во избежание промерзания грунта во время перерывов. На время сильного снегопада и метелей работы по укладке грунта в насыпь должны временно прекращаться.

Грунт в насыпь укладывают горизонтальными слоями во избежание образования плоскостей скольжения. Возведение насыпей должно выполняться талыми грунтами, и только в нижней части насыпи допускается отсыпка мерзлых грунтов. Для качественного уплотнения грунта в зимних условиях целесообразно применять уплотняющие машины более тяжелого типа, в частности ударного действия, позволяющие производить работы при более значительной (для уменьшения теплопотерь) толщине отсыпаемых слоев грунта. Размер мерзлых комьев при уплотнении не должен превышать 30 см, а их суммарный объем должен быть не более 30 % объема грунта насыпи. Уплотнение грунтов, отсыпаемых в тело насыпи, должно быть закончено до момента их полного промерзания.

При организации работ по отсыпке насыпи автомобилями-самосвалами необходимо учитывать, что время от погрузки до разгрузки машины не должно превышать времени смерзаемости грунта, которое можно принять при  $-5^{\circ}\text{C}$  — 90 мин, при  $-10^{\circ}\text{C}$  — 60 мин, при  $-20^{\circ}\text{C}$  — 40 мин и при  $-30^{\circ}\text{C}$  — 20 мин. В этой связи рекомендуется применение транспортных средств возможно большей грузоподъемности.

## **8.6. Строительство дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог**

Технология строительства дорожных одежд зависит от типа дорожной одежды, вида дорожно-строительного материала и применяемых механизмов. Учитывая недостаток уплотняющих механизмов, возведение земляного полотна желательно выполнять за год до устройства дорожной одежды. Это обеспечивает естественное уплотнение земляного полотна и снижает затраты на эту операцию.

До начала устройства дорожной одежды любого типа необходимо выполнить работы по доуплотнению и планировке поверхности земляного полотна.

**Технология строительства дорожных одежд низшего типа.** Наиболее высокой прочностью и способностью противостоять внешним воздействиям обладают супесчаные грунты следующего зернового состава: песчаных частиц 65...82 %, пылеватых частиц 15...25 % и глинистых 3...10 %. Грунт такого состава обладает наибольшей плотностью (наименьшей пористостью), поэтому называется *оптимальной грунтовой смесью*. Грунтовые смеси оптимального состава естественного происхождения в природе встречаются редко. Для искусственного создания слоя дорожной одежды из грунта оптимального состава необходимо провести анализ зернового состава грунта земляного полотна и карьерного грунта и установить количество добавок карьерного грунта для получения соответствующей смеси.

Подбор оптимального состава грунта можно осуществлять с помощью диаграммы — *треугольника Фере*. На треугольник (рис. 8.26) наносится поле оптимальной смеси (заштрихованная площадка) и точки, соответствующие составу грунта на дороге (точка *D*) и составу карьерного грунта (точка *K*). Точка *a* на прямой *KD* будет соответствовать оптимальной смеси. Процент добавки карьерного грунта к дорожному для создания оптимальной грунтовой смеси определяют по соотношению длин отрезков *aD* и *KD* по формуле  $p = 100aD/KD$ .

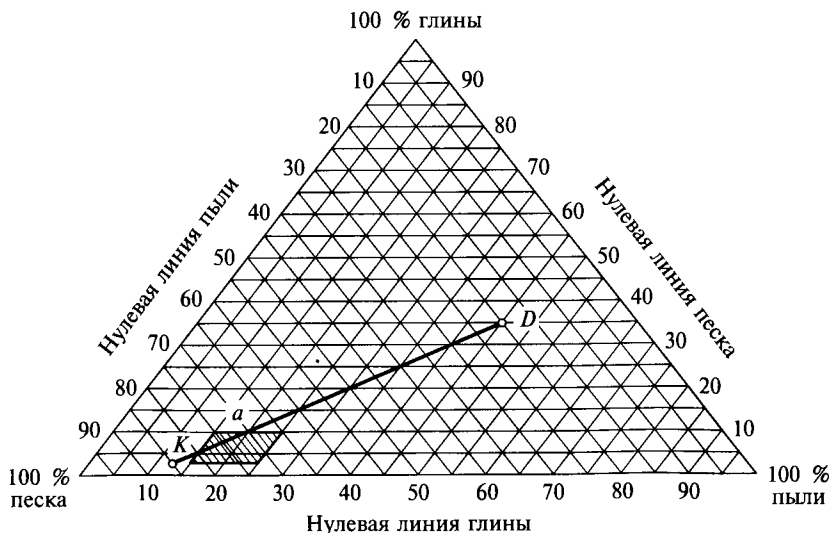


Рис. 8.26. Подбор оптимальной грунтовой смеси

Постройку дорожной одежды из оптимальной грунтовой смеси начинают с планировки и рыхления поверхности земляного полотна на глубину

$$Z = h - hp/(100 + p),$$

где  $h$  — расчетная толщина покрытия из оптимальной грунтовой смеси.

На разрыхленную поверхность подвозят карьерный грунт. Его потребность на 1 км дороги определяют по формуле

$$V = 1\,000 B h K_n K_y \frac{\rho_1 p}{\rho_2 (100 + p)},$$

где  $B$  — ширина покрытия;  $\rho_1, \rho_2$  — соответственно плотность грунта земляного полотна и карьерного материала;  $K_n$  — коэффициент, учитывающий форму поперечного профиля дорожной одежды (для серповидного профиля —  $K_n = 1,15 \dots 1,20$ ; для полукорытного профиля —  $K_n = 1,05 \dots 1,15$ );  $K_y$  — коэффициент уплотнения,  $K_y = 1,1 \dots 1,2$ .

Число рейсов для самосвалов на 1 км дороги составит  $n = V/q$ , где  $q$  — объем полезной нагрузки самосвала,  $m^3$ . Расстояние  $l_c$  между местами разгрузок самосвалов определяется из соотношения  $l_c = 1\,000/n$ . Доставленный на дорогу карьерный грунт выгружают в кучи на обочину, после чего его автогрейдером перемешают и распределяют по ширине проезжей части. Перемешивание дорожного грунта и добавок карьерного осуществляют последовательными круговыми проходами автогрейдера с перемещением от края полотна к оси дороги. После перемещения всего грунта с добавками в вал на оси дороги производят развалку и разравнивание смеси. Процесс перемешивания повторяют до получения однородной смеси грунта. Полученную после тщательного перемешивания оптимальную грунтовую смесь профилируют автогрейдером и уплотняют катком.

Более прочную дорожную одежду можно получить путем укрепления местного дорожного грунта скелетными добавками щебня, гравия, шлаков. Добавка каменных материалов в количестве не менее 55 % позволяет создать скелетную структуру, повышающую устойчивость дорожной одежды внешним нагрузкам даже при потере грунтовыми частицами несущей способности при переувлажнении.

При толщине дорожной одежды до 15 см ее устраивают в один слой, при большей толщине — в два слоя. В нижнем слое размеры скелетных добавок могут быть до 60 мм, в верхнем слое их размер не должен превышать 25 мм.

Наиболее простой способ строительства дорожной одежды из грунтов, укрепленных скелетными добавками, основан на россы-

пи таких добавок на улучшаемую поверхность грунтового слоя с их последующим втапливанием колесами движущихся автомобилей. Доставленные автосамосвалами скелетные добавки распределяют автогрейдером слоем 3...8 см и втапливают построечным и лесовозным транспортом, регулируя его движение по ширине дороги. Через 2—3 нед. россыпь повторяют. При таком способе затраты на строительство будут минимальны, но распределение скелетных добавок в объеме грунта будет неравномерной, а максимальная толщина улучшаемого слоя небольшой (до 15 см). Для получения смеси более высокого качества и большей толщины используют принудительное перемешивание вводимых скелетных добавок круговыми проходами автогрейдера, аналогично изложенной технологии создания оптимальных грунтовых смесей.

**Технология устройства гравийных дорожных одежд.** Гравийные дорожные одежды являются основными типами покрытий лесовозных автомобильных дорог. Гравийные материалы используют как для слоев оснований, так и для покрытия. Проектируют дорожные одежды по принципу плотных оптимальных смесей. Их устраивают однослойными или многослойными, преимущественно серповидного профиля.

Толщина покрытия назначается согласно расчету. При толщине покрытия до 18...20 см его устраивают в один слой, при большей толщине — в два слоя, в соотношении 0,6 нижний и 0,4 верхний, но не менее 8 см. В нижние слои укладывают более крупный материал, в верхние — более мелкий. Опыт строительства гравийных покрытий на лесных дорогах показал целесообразность проведения этих работ в следующей последовательности:

1) подготовка земляного полотна к укладке нижнего песчаного слоя. При этом следует отвести воду из колеи и выбоин, высушить грунт, спланировать его и при необходимости доуплотнить;

2) устройство песчаного подстилающего слоя. Песок вывозят автомобилями-самосвалами и разгружают в кучи по оси дороги, если ширина полотна более 8 м, или на обочины при меньшей ширине;

3) разравнивание и планировка песчаного слоя автогрейдером за 4—6 проходов;

4) уплотнение песчаного слоя прицепными катками на пневмошинах за 4—6 проходов по одному следу;

5) устройство гравийного покрытия выполняется в один слой при проектной толщине до 18 см или в два слоя при большей толщине. Нижний слой отсыпается из крупных смесей с минимумом мелкозема. При этом в состав работ входит вывозка гравийного материала, разгрузка на песчаный слой с разравниванием и профилированием автогрейдером, уплотнение нижнего слоя моторными катками на пневмошинах или виброкатками. После устройства нижнего слоя приступают к созданию верхнего слоя по-

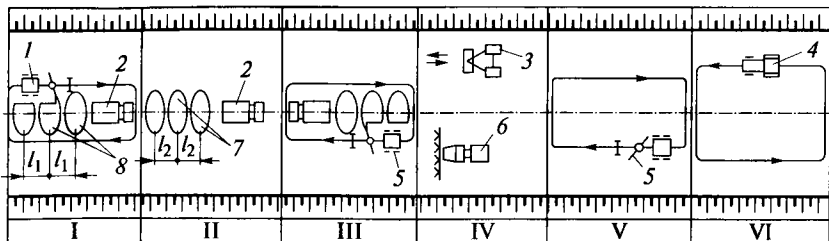


Рис. 8.27. Технологическая схема строительства гравийного покрытия из оптимальной гравийной смеси:

1 — автогрейдер; 2 — автосамосвал; 3 — легкий каток; 4 — тяжелый каток; 5 — автогрейдер для перемешивания и профилирования; 6 — поливочная машина; 7 — кучи гравия из второго карьера; 8 — кучи гравия из первого карьера; I — VI — номера захваток;  $l_1$  и  $l_2$  — расстояния между кучами гравия

крытия, для чего рекомендуется использовать оптимальную гравийную смесь. Ее готовят либо в карьере, либо непосредственно на дороге путем перемешивания неоптимальных гравийных материалов двух карьеров (рис. 8.27). Перемешивание выполняют автогрейдерами, дисковыми боронами или фрезами. Сначала автосамосвалами доставляется гравийный материал из первого карьера и разравнивается автогрейдером на всю ширину земляного полотна. После этого доставляется гравийный материал из второго карьера и так же распределяется на всю ширину земляного полотна. Затем автогрейдером или дисковой бороной материалы перемешивают до получения однородной смеси и разравнивают. Верхний слой покрытия также профилируют под шаблон и затем уплотняют моторными катками. Для ускорения укатки производят поливку обоих слоев покрытия с расходом воды до  $15 \text{ л/м}^2$ . Уплотнение гравийных слоев выполняют сначала легким, а затем тяжелым катком.

Для строительства гравийных дорожных одежд следует максимально использовать не только летний, но и зимний период. Для этого необходимо на начало зимы иметь задел земляного полотна. Перед укладкой гравийного материала земляное полотно очищают от снега. Уплотняют слоями толщиной не более 15 см. Покрытие устраивают на 0,7...0,8 от проектной толщины. Остальное досыпают после оттаивания земляного полотна и стабилизации просядок.

**Технология строительства щебеночных покрытий.** Щебень используют как для оснований, так и для покрытий дорожных одежд. Учитывая значительную стоимость щебня, наряду с серповидным профилем широко применяют корытный и полукорытный профили дорожной одежды с подстилающим слоем из песка на всю ширину земляного полотна.

Щебеночные покрытия строят двумя способами: заливки и плотных смесей. *Способ заливки* заключается в создании прочного каркаса из однородного по крупности щебня и придания ему монолитности путем заполнения поверхностных пустот между крупными щебенками более мелким щебнем. Способ плотных смесей заключается в создании покрытия из оптимальных щебеночных смесей подобранных из разнозернистых материалов по критерию минимальной пористости. Для слоев оснований применяют укладку рядового щебня толщиной 15...20 см.

Для верхних слоев покрытий применяют щебень крупностью 40...70 мм, для средних и нижних слоев оснований и покрытий — 40...70 мм или 70...120 мм. Наибольший размер щебня не должен превышать 0,85 толщины слоя в плотном теле. Для расклиновки используют щебень фракции 20...40 мм, 10...20 мм, а при устройстве верхнего слоя покрытия — и щебень фракции 5...10 мм.

Работы по устройству щебеночных оснований и покрытий методом заливки следует проводить в следующей последовательности (рис. 8.28):

- распределение основной фракции материала на проектную толщину с учетом коэффициента уплотнения;
- уплотнение слоя щебня в два приема (обжатие и взаимозаклинивание);
- распределение первой фракции мелкого щебня;
- уплотнение основания (расклиновка); распределение второй фракции мелкого щебня механической щеткой;
- окончательное уплотнение слоя.

Щебень вывозят и распределяют с учетом коэффициента уплотнения, равного 1,25...1,30. Максимальная толщина уплотняемого слоя 17...20 см. Для распределения щебня целесообразно использовать самоходные щебнеукладчики. При отсутствии укладчиков щебень разравнивают бульдозером или автогрейдером способом «от себя».

Щебень уплотняют самоходными пневмоколесными катками или гладкими валцовыми катками за несколько проходов. При этом весь процесс делят на три периода.

В *первом периоде* происходит подкатка щебня до устойчивого положения отдельных щебенки в слое. Уплотнение ведут легкими катками массой 5...6 т. Число проходов катков по одному следу равно 8—15. Конец первого периода характеризуется тем, что прекращается движение частиц щебня, перед катком не образуется волны и не заметно на глаз следа от прохода легкого катка.

Во *втором периоде* происходит основное уплотнение щебеночного слоя, при этом частицы щебня сближаются, а зазоры между ними частично заполняются обломочным материалом. Чтобы уменьшить трение между частицами щебня и их дробимость, уп-

Номер захватки	I	II	III	IV
Процесс	Вывозка и распределение щебня	Уплотнение щебня	Вывозка, распределение и уплотнение щебня для расклинивания	Вывозка, распределение и уплотнение щебня (фракция 5...10 мм)
Длина сменной захватки, м	250	250	250	250
План потока				

Рис. 8.28. Технологическая схема устройства щебеночного слоя способом заклинки:

1 — автомобиль-самосвал; 2 — укладчик; 3 — поливочная машина; 4 — тяжелый каток; 5 — распределитель щебня; 6 — механическая щетка

лотняемый слой поливают водой. Поливка должна обеспечить увлажнение щебня на всю его толщину, но при этом нельзя допустить переувлажнения основания. Расход воды во втором периоде составляет 15...25 л/м<sup>2</sup>. Масса катков, применяемых во втором периоде, — 10...12 т, число проходов по одному следу — 10—35 (в зависимости от прочности щебня).

В *третьем периоде* происходит формирование коры. По покрытию для заполнения пор последовательно рассыпают (из расчета на 100 м<sup>2</sup> покрытия): мелкий щебень фракции 20...40 мм — 1,5...2 м<sup>3</sup>; клинец крупностью 10...20 мм — 1,0...1,5 м<sup>3</sup>, затем каменную мелочь крупностью 5...10 мм — 0,5...1,0 м<sup>3</sup>. Расклинивающий материал распределяют навесными распределителями. После россыпи каждой расклинивающей фракции производится розлив воды и уплотнение тяжелыми катками за 10—25 проходов по одному следу. Признаками окончания уплотнения во втором и третьем периодах служат отсутствие подвижности щебня, прекращения волны перед катком и отсутствие следа от прохода тяжелого катка. Общий расход воды во всех трех периодах составляет 20...50 л/м<sup>2</sup>.

Щебеночные материалы размерами частиц до 120 мм применяют для устройства нижних щебеночных слоев. Основание толщиной до 20 см целесообразно устраивать в один слой щебня размером частиц 40...120 мм, а для расклинки использовать щебень размером частиц 25...40 мм. Основание свыше 20 см уплотняют в два слоя, причем для нижнего слоя применяют щебень размером частиц 70...120 мм.

**Технология строительства оснований и покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими материалами.** В лесных районах с недостаточными запасами естественных каменных материалов в лесном дорожном строительстве экономически целесообразно применять покрытия и основания из грунтов, укрепленных вяжущими материалами — органическими и минеральными.

Основными технологическими операциями по укреплению грунтов являются:

- размельчение комков (агрегатов) грунта;
- точное дозирование вяжущих и других реагентов и их равномерное распределение в массе укрепляемого грунта;
- увлажнение грунтовой смеси до оптимальной влажности с учетом свойств укрепляемого грунта и применяемых реагентов;
- уплотнение грунтовой смеси до максимальной плотности при соответствующей оптимальной влажности;
- уход за слоем уплотненной смеси с учетом особенностей вяжущих материалов.

Разработаны следующие способы производства работ:

- приготовление смеси из местных грунтов в стационарных или полустационарных (передвижных) смесительных установках с



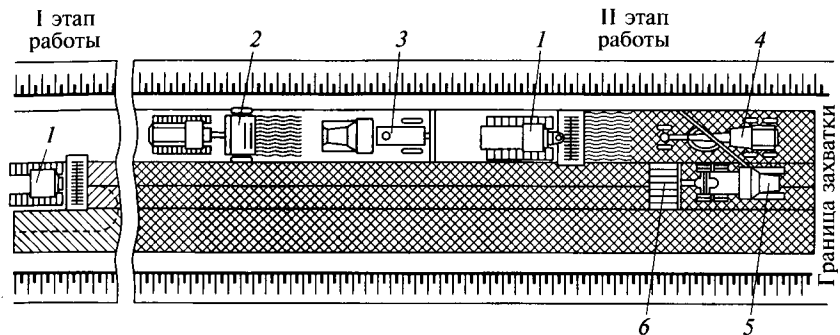


Рис. 8.29. Технологическая схема строительства дорожной одежды из местного грунта, укрепленного цементом:

1 — дорожная фреза (рыхление и измельчение грунта); 2 — внесение цемента распределителем; 3 — водополивочная машина; 4 — автогрейдер; 5 — тягач; 6 — прицепной каток

последующим транспортированием готовой смеси к месту ее укладки;

- приготовление и укладка смеси из укрепленного грунта или других местных материалов непосредственно на строящейся дороге с использованием линейных однопроходных грунтосмесительных машин;

- приготовление и укладка смеси смешением на строящейся дороге с использованием многопроходных линейных машин — фрез.

Устройство цементогрунтовых слоев способом смешения на дороге фрезами включает в себя следующие операции (рис. 8.29):

- подачу грунта на спланированное и хорошо уплотненное земляное полотно;

- тщательное размельчение связных грунтов дорожной фрезой с последующей планировкой грунта автогрейдером;

- подвозка и распределение цемента распределителями;

- перемешивание грунта с цементом до однородного состояния дорожной фрезой;

- поливку смеси водой, если ее влажность менее оптимальной, и последующее дополнительное перемешивание;

- разравнивание смеси автогрейдером для создания проектного поперечного профиля;

- уплотнение смеси катками.

Основания и покрытия из грунтов, укрепленных органическими вяжущими, выполняют горячим способом (с подогревом грунта и вяжущего) и холодным (без подогрева грунта, но с подогревом вяжущего). Более распространен холодный способ — смешение грунта с вяжущим непосредственно на дороге.

**Технология строительства оснований и покрытий из каменных материалов, обработанных органическими вяжущими.** Для строительства покрытий, оснований и слоев износа из щебеночных и гравийных материалов, обработанных органическими вяжущими, могут применяться следующие способы производства работ: поверхностная обработка, пропитка, смешение на дороге, смешение в установке.

*Поверхностная обработка* — это слой износа, который предохраняет нижележащее покрытие от непосредственного воздействия колес автомобилей и атмосферных факторов. Поверхностная обработка увеличивает долговечность покрытия, предохраняет его от истирания. Поверхностная обработка может устраиваться в один слой толщиной 1...1,5 см, в два слоя — 2,0...2,5 см и в три слоя толщиной 3,0...3,5 см.

*Пропитка* — способ устройства покрытия, при котором по слою фракционированного щебня после предварительного уплотнения выполняют розлив органического вяжущего, а затем россыпь расклинивающего материала с последующим уплотнением. В зависимости от глубины проникновения вяжущего различают глубокую пропитку — глубиной 8...10 см и полупропитку — глубиной 4...7 см.

*Смешение на дороге* — способ устройства слоев дорожной одежды путем перемешивания различными механизмами гравийных или щебеночных материалов оптимального состава с жидкими органическими вяжущими, распределения и последующего уплотнения смеси до толщины слоя в плотном теле 5...10 см.

*Смешение в установке* — приготовление смеси из фракционированного щебня с органическими вяжущими в смесительной установке. Полученную смесь укладывают в горячем, теплом или холодном состоянии толщиной слоя 5...10 см.

Покрытия и основания из щебеночных и гравийных материалов, обработанных органическими вяжущими, устраивают в сухое и теплое время года при температуре наружного воздуха не ниже +10 °С, а поверхностную обработку — не ниже +15 °С.

Одиночную поверхностную обработку устраивают в следующей последовательности. Поверхность очищают механическими щетками от пыли и грязи и производят предварительный розлив жидкого вяжущего (битума марок СГ 15/25, СГ 35/40, МГ 35/40 при температуре 50...60 °С) для создания слоя контакта. Норма розлива 0,5...0,8 л/м<sup>2</sup>.

Основной розлив делают, как и предварительный, автогудронаторами из расчета 1,0...1,5 л/м<sup>2</sup>. Для розлива применяют вязкий битум БНД 130/200 при температуре 100...120 °С или битум БНД 90/130 при температуре 130...150 °С. Немедленно после розлива делают россыпь одномерного щебня фракции 5...10, 10...15, 10...20 или 15...20 мм. Расход щебня составляет 1,1...1,5 м<sup>3</sup>/100 м<sup>2</sup>. Для

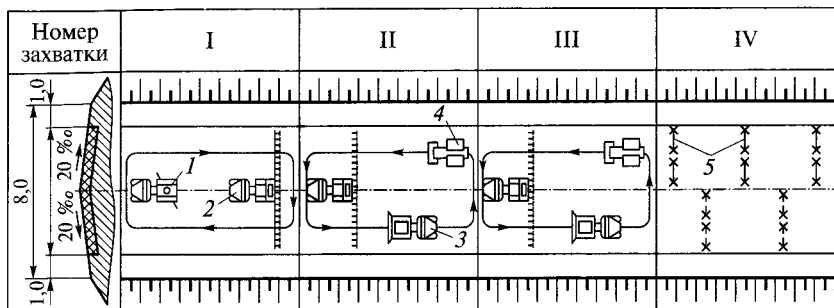


Рис. 8.30. Технологическая схема потока по устройству двойной поверхностной обработки:

1 — поливомоечная машина; 2 — автогудронатор; 3 — автосамосвал с навесным распределителем щебня; 4 — каток; 5 — переносные ограждения и знаки

россыпи используют самоходные распределители каменной мелочи или навесные распределители к автомобилям-самосвалам.

Распределенный щебень уплотняют самоходными пневмоколесными катками за 3—6 проходов по одному следу. Движение автомобилей открывают через 6... 12 ч после уплотнения, когда битум остынет.

При двойной поверхностной обработке после укатки первого слоя все операции повторяют, кроме предварительного розлива вяжущего (рис. 8.30). Расход вяжущего в зависимости от толщины слоя при двойной поверхностной обработке составляет 1,7... 4,0 л/м<sup>2</sup>, а минеральных материалов — 2,3... 5,0 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup>.

Покрытия и основания по способу пропитки устраивают самостоятельным слоем, а в новых дорожных одеждах устраивают основания из необработанного щебня, верхнюю часть которого обрабатывают по способу пропитки. Для устройства пропитки применяют щебень фракций 40... 70; 20... 40; 10 (15)... 20 (25); 5 (3)... 10 (15) мм (в скобках указан допустимый альтернативный размер фракций щебня).

Покрытие по способу пропитки толщиной 8... 10 см устраивают в следующей последовательности.

На подготовленное основание автомобилями-самосвалами вывозят щебень первой фракции — 40... 70 мм, который распределяют самоходными распределителями, соблюдая требуемую ровность и поперечный профиль. Объем вывозимого щебня определяют из расчета 0,9 от проектной толщины с учетом коэффициента уплотнения, равного 1,25.

Уплотняют щебеночный слой без поливки водой катками с гладкими вальцами, сначала легкими (5... 8 т) по 2—3 прохода по одному следу, затем тяжелыми (10... 12 т) по 5—6 проходов

по одному следу. Производят розлив вязкого битума марок БНД 130/200, БНД 90/130 при температуре 100... 120 °С в количестве 6... 8 л/м<sup>2</sup>. Немедленно после розлива вяжущего распределяют первую расклинивающую фракцию 20... 40 мм в количестве 1,0... 1,1 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup> и уплотняют тяжелыми катками с металлическими вальцами за 2—4 прохода по одному следу.

Второй розлив того же вяжущего делают в количестве 2... 3 л/м<sup>2</sup>, затем немедленно производят россыпь щебня второй расклинивающей фракции 10... 20 мм в количестве 1,0... 1,1 м<sup>3</sup>/100 м<sup>2</sup>. Россыпь выполняют универсальными распределителями; уплотнение — тяжелыми катками за 3—4 прохода по одному следу.

В следующую смену устраивают замыкающий слой: производят розлив вяжущего в количестве 1,5... 2,0 л/м<sup>2</sup>, немедленно рассыпают щебень фракции 5 (3)... 10 мм или 5 (3)... 15 мм в количестве 0,9... 1,1 м<sup>3</sup>/100 м<sup>2</sup>; уплотняют тяжелыми катками за 3—4 прохода по одному следу. После окончания работ по устройству покрытия способом пропитки в течение 20—25 дней осуществляют послепостроечный уход путем регулирования движения по всей ширине.

Способ смешения на дороге обеспечивает в отличие от пропитки лучшее перемешивание минеральных материалов с вяжущими. Вместе с тем недостатками этого способа являются слабое сцепление минеральных частиц вследствие использования маловязких вяжущих, длительность формирования покрытия, недостаточная точность дозировки ингредиентов. Качество перемешивания хуже, чем в стационарной установке.

Технологический процесс устройства покрытия из гравия (щебня) смешением с органическими вяжущими на дороге состоит из следующих операций:

- вывозка каменного материала на дорогу и укладка его в валик;
- разравнивание валика на ширину, меньшую ширины будущего покрытия на 0,5 м, или на ширину захвата машин, которыми будет производиться перемешивание;
- устройство ряда параллельных канавок на поверхности слоя с помощью зубьев рыхлителя, предохраняющих битум от стекания на обочины;
- розлив автогудронатором на подготовленный слой вяжущего в несколько приемов в количестве 4... 6 % от массы минерального материала;
- перемешивание автогрейдером вяжущего с каменным материалом; уплотнение самоходными пневмоколесными катками или катками с гладкими вальцами массой 3... 10 т за 3—5 проходов по одному следу.

При обработке каменных материалов органическими вяжущими в смесительной установке получают:

- черный щебень, укладываемый в горячем и холодном состоянии;

- щебеночные и гравийные смеси, обработанные дегтем и укладываемые в горячем или холодном состоянии;

- щебеночные или гравийные смеси, обработанные эмульсиями и укладываемые в холодном состоянии.

Черный щебень и смеси готовят в асфальтосмесительных установках. Зерновой состав щебеночных и гравийных материалов подбирают по кривым оптимальных смесей. Расход органических вяжущих принимают в зависимости от породы каменных материалов, размера зерен, способа укладки, назначения слоя: битума для черного щебня — 1,5...4,5%; дегтя для щебеночных и гравийных смесей — 2,5...8% от массы минерального материала.

Горячий щебень и дегтеминеральные смеси, приготовленные в смесителе, сразу же вывозят на дорогу и укладывают. Холодные смеси после смесителя охлаждаются до температуры 30...35 °С и поступают на склад, где могут храниться до 2—8 мес.

Покрытие из горячего, теплого или холодного щебня устраивают в следующей последовательности. После подготовки основания делают предварительный розлив жидкого битума или битумной эмульсии из расчета 0,5...0,6 л/м<sup>2</sup>. Через 1—2 дня вывозят черный щебень в горячем или холодном состоянии автомобилями-самосвалами. Распределяют щебень самоходными распределителями. Предварительное уплотнение выполняют легким катком массой 5...6 т за 3—4 прохода по одному следу, затем тяжелым катком массой 10...12 т по 5—6 проходов по одному следу.

По основному слою навесным или самоходным распределителем рассыпают черный щебень фракции 10...20 мм из расчета 1,0 м<sup>3</sup>/100 м<sup>2</sup>, который заполняет поры, не образуя второго слоя. Для уплотнения применяют тяжелые катки по 3—4 прохода по одному следу. Затем теми же машинами, что и при первой расклиновке, производят россыпь мелкого щебня крупностью 5 (3)...10 мм в количестве 1,0...1,2 м<sup>3</sup>/100 м<sup>2</sup>. Покрытие окончательно уплотняют тяжелым катком за 6—8 проходов по одному следу. В процессе уплотнения расклинивающий материал вметают в поры. Послепостроечный уход продолжается 7—15 сут при применении горячего черного щебня и до 30 сут при применении холодного. В это время регулируют движение автомобилей по ширине покрытия, ликвидируют возможные деформации. По окончании формирования слоя устраивают поверхностную обработку.

**Строительство асфальтобетонных покрытий.** В технологию устройства асфальтобетонных покрытий входят следующие основные операции: приготовление асфальтобетонной смеси, транспортирование ее к месту производства работ, укладка и уплотнение смеси. Асфальтобетонное покрытие необходимо устраивать на сухом, чистом и не промерзшем нижнем слое.

Покрытия и основания из горячей и холодной асфальтобетонной смеси следует устраивать в сухую погоду: весной и летом, когда температура воздуха не ниже 5 °С, а осенью — не ниже 10 °С; из теплой асфальтобетонной смеси в сухую погоду при температуре воздуха до -10 °С.

Перед укладкой покрытия необходимо проверить ровность и плотность основания. При наличии значительных неровностей основание выравнивают россыпью черного щебня с последующим уплотнением. Должно быть обеспечено наличие укрепительных полос и их надлежащее уплотнение. Перед укладкой смеси необходимо произвести обработку поверхности нижнего слоя битумной эмульсией или жидким битумом марок СГ 130/200 или МГ 130/200 из расчета 0,5...0,8 л/м<sup>2</sup>.

Укладку смеси следует производить асфальтоукладчиками, как правило, на всю ширину покрытия (рис. 8.31). Толщина укладываемого слоя горячих и теплых асфальтобетонных смесей должна быть на 15...20 % больше проектной толщины, а при ручной укладке — на 25...30 %. При укладке холодной асфальтобетонной смеси толщина слоя должна быть на 60...70 % выше проектной.

Режим уплотнения асфальтобетонных смесей в зависимости от их вида следующий:

Номер захватки	I	II
Длина захватки, м	200...300	200...300
Технологические процессы	Очистка основания от пыли и грязи	Установка упорных брусьев. Разогревание битума и смазывание им стыков. Подвозка и выгрузка смеси в укладчик. Распределение и уплотнение смеси
Ресурсы	Комбинированная дорожная машина	Дорожные рабочие - 4 чел.; автомобили-самосвалы; асфальтоукладчик; самоходные катки
План потока		

Рис. 8.31. Технологическая схема устройства однослойного покрытия из горячей битумоминеральной смеси

- *любые смеси* — предварительное уплотнение катком массой 6... 8 т с гладкими вальцами (2—3 прохода), затем катком на пневматических шинах массой 10... 18 т (2—4 прохода);

- *каркасные (щепенистые) смеси* — уплотнение катком на пневматических шинах (10—12 проходов) и окончательное уплотнение катком с гладкими вальцами массой 10... 18 т (2—4 прохода);

- *смеси типов А, Б, В, Г и пористые* — уплотнение виброкатком массой 5... 6 т с выключенным вибратором (3—4 прохода), затем с включенным вибратором (3... 4 прохода) и окончательное уплотнение катком с гладкими вальцами массой 10... 18 т (6—8 проходов);

- *холодные асфальтобетонные смеси* — предварительное уплотнение самоходными катками на пневматических шинах (6—8 проходов) или катками массой 6... 8 т с гладкими вальцами (4—6 проходов) и окончательное уплотнение движением машин, которое следует регулировать по всей ширине.

В процессе уплотнения проверяют ровность покрытия и поперечный уклон. Обнаруженные неровности немедленно исправляют, досыпая смесь в пониженные места или срезая излишки. Признаком окончания уплотнения является отсутствие следов от тяжелого катка. Движение автомобильного транспорта по покрытию можно начинать через 5... 6 ч, когда асфальтобетон остынет.

**Технология строительства колеиных дорожных одежд из железобетонных плит.** Сборные колеиные покрытия из железобетонных плит на лесных дорогах строят двухполосными или однополосными с разъездами. На двухполосных дорогах железобетонное покрытие устраивают на грузовой полосе, порожняковое направление выполняют гравийным (песчаным).

Конструкция дорожной одежды с покрытием из железобетонных плит представляет собой подстилающий слой из гравелистого, крупного или среднего песка толщиной 15... 35 см, на который уложены плиты. На прямых участках укладывают прямоугольные плиты, на кривых — трапецеидальные в сочетании с прямоугольными (их чередование определяется радиусом кривизны). Расстояние между внутренними боковыми гранями плит составляет 0,8... 1,0 м. На кривых участках межколеиный промежуток увеличивают на 0,2... 0,6 м (в зависимости от радиуса) за счет смещения внутреннего колесопровода.

Для соединения плит в колесопроводе в торцевые углубления плит забивают деревянные бруски. Существуют также конструкции плит, обеспечивающие их соединение сваркой. После укладки плит межколеиный промежуток и обочины вровень с поверхностью плит заполняют дренирующим материалом.

Технологический процесс устройства дорожной одежды из железобетонных плит следующий (рис. 8.32). На спрофилирован-

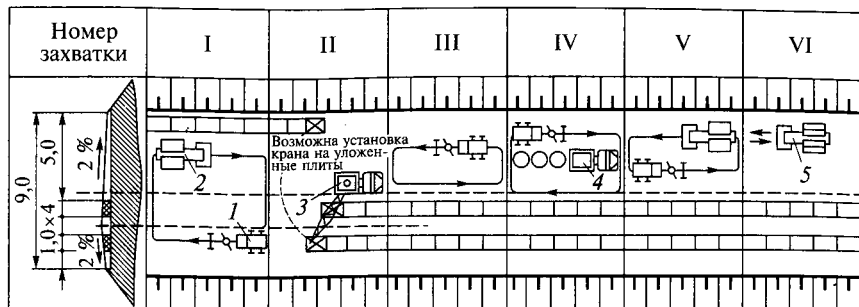


Рис. 8.32. Технологическая схема потока по устройству железобетонной дорожной одежды из железобетонных плит (все размеры указаны в метрах): 1 — автогрейдер; 2 — вибратор; 3 — автокран; 4 — автомобили-самосвалы; 5 — самоходный пневмокоток

ное и уплотненное до требуемой плотности земляное полотно вывозят песок или песчано-гравийный материал для устройства подстилающего слоя. Доставленный материал распределяют, профилируют и уплотняют тяжелым пневмокотком массой 15... 20 т. После укатки подстилающего слоя восстанавливают ось дороги и от него колышками фиксируют местоположение одного из колесопроводов. Между колышками параллельно оси дороги натягивают шнур, по которому и укладывают плиты. Плиты второго колесопровода укладывают по шаблону.

Железобетонные плиты на место укладки перевозят на бортовых автомобилях, автосамосвалах или плитуукладчиках. Наибольшее распространение в леспромхозах получила технология укладки плит автокраном. При строительстве однополосной дороги автомобили с плитами разворачиваются на разездах и задним ходом подъезжают к автокрану; при двухполосной дороге автомашинка останавливается на порожняковой полосе несколько впереди автокрана. С одной стоянки автокран укладывает 4—6 плит. Производительность звена на укладке в значительной степени зависит от своевременной доставки плит, поэтому предварительный завоз и раскладка плит на обочине очень эффективна.

Плитуукладчик обеспечивает непрерывную погрузку, перевозку и укладку плит. При расстоянии подвозки 10... 15 км плитуукладчик может сделать три рейса и уложить около 120 м покрытия. После укладки плит полосу для порожнякового движения, межколейное пространство и обочины засыпают дренирующим грунтом. Песок или песчано-гравийную смесь доставляют автомобилями-самосвалами и разгружают в межколейный промежуток. Разравнивают смесь автогрейдером, уплотняют пневмошинным катком.



Допуски при укладке: расстояние между колесопроводами  $\pm 0,05$  м; поперечный уклон  $\pm 10$  ‰, продольный уклон  $\pm 5$  ‰; просвет под трехметровой рейкой не более 0,02 м; превышение в стыке одной плиты над другой 0,005 м; разница в высоте колесопроводов по осям на прямых участках 0,02 м, раскрытие трещин в плитах 0,002 м.

## 8.7. Особенности строительства лесовозных усов

Различают следующие конструкции дорожных одежд на усах:

- колейные из деревянных щитов на шпальном или грунтовом основании;

- лежневые на шпальном основании;
- гравийные;
- грунтовые, улучшенные добавками дренирующих и гравийных материалов;
- деревогрунтовые, с покрытием из лесосечных отходов;
- грунтовые;
- зимние ледяные и снежные.

При строительстве усов выполняют полностью или частично следующие основные работы:

- изыскания и разработка проектно-сметной документации;
- прорубка просеки;
- подготовка основания для дорожной одежды или земляного полотна;
- устройство земляного полотна;
- постройка искусственных водопропускных сооружений;
- сооружение дорожной одежды.

Изыскание трасс технологических путей и прорубку просек рекомендуется проводить заблаговременно, за 1—2 года до начала разработки лесосек, отвод которых согласуется с лесоуправляющим планом освоения лесов. На основании анализа плана освоения лесов, изучения грунтово-гидрологических условий отведенной лесосеки и подхода к ней производственно-технический отдел лесозаготовительного предприятия составляет технологические карты разработки лесосек и схемы размещения усов. На основании этих документов технорук (технический руководитель) или мастер уточняет и закрепляет на местности ось уса и границы разрубки просеки затесками на деревьях или установкой вешек. При сложном рельефе проводят более детальные изыскательские работы — тахеометрическую съемку или нивелирование.

Для укрепления основания укладывают поперечные лаги из низкотоварной древесины сплошную (сплошной настил) или с расстоянием между лагами не более 1 м (разрезанный настил). На

заболоченных участках вначале укладывают продольные лаги, а на них поперечные лаги.

Строительство земляного полотна уса должно проводиться заблаговременно, примерно за год до начала разработки лесосек, с тем чтобы грунт полотна успел просохнуть. При сооружении земляного полотна используют в основном местный грунт из боковых резервов и реже привозной из притрассовых карьеров. Строительные работы на трассе начинают с корчевки пней, удаления кустарника и подроста. Возведение насыпей выполняют поперечным перемещением грунта бульдозером из боковых резервов, а также экскаватором из боковых канав. Профилирование ведут автогрейдером, а уплотнение — прицепными пневмошинными катками.

На усах для пропуска воды строят простейшие искусственные сооружения: деревянные мосты на лежневых опорах или клетках из бревен; инвентарные железобетонные бесфундаментные трубы диаметром до 1 м; фильтрующие (пропускающие) воду насыпи из камня, гравия или лесосечных отходов.

**Усы с колейным деревянным покрытием.** Различают деревянные покрытия из хлыстов или бревен (лежневые) и из щитов. При строительстве лежневых усов на подготовленное основание раскладывают шпалы, а на них — хлысты или бревна плотно друг к другу в виде двух колесопроводов. Крепление колесопроводов к шпалам осуществляют ершами, хомутами, скобами или болтами. С внутренней стороны колесопроводов укладывают бревна большего диаметра — колесоотбойные бревна. Расход деловой древесины составляет 460... 1 000 м<sup>3</sup> в зависимости от грунтово-гидрологических условий местности.

Колейные покрытия из инвентарных щитов более эффективны, чем лежневые, так как обеспечивают повторность их использования. В отрасли применяют несколько конструкций щитов, различающихся способом скрепления брусьев в щите и соединением щитов между собой в колесопроводе: щиты с металлическими оголовниками ЛВ-11, деревянные щиты с нагельным креплением брусьев, щиты с болтовым креплением бревен, гибкие ленты и др.

В зависимости от несущей способности основания различают три типа колейных покрытий из щитов:

- на периодически увлажняемых минеральных грунтах щиты укладывают на земляное полотно или спланированное грунтовое основание;
- на переувлажненных минеральных грунтах щиты укладывают на шпалы;
- на сырых и заболоченных местах и болотах с плотным торфом глубиной до 2 м основание усиливают поперечными и продольными лагами, на которые укладывают шпалы.

Шпалы после восстановления и закрепления оси уса раскладывают в соответствии с предстоящим положением щитов. Укладку шпал ведут на нераскорчеванное основание или продольные лежни на расстоянии 1...1,5 м одна от другой. Перед укладкой щитов проводят разбивку трассы, фиксируя положение внешней кромки одного колесопровода по шнуру. Второй колесопровод укладывают по шаблону на заданном расстоянии от первого. Перевозят щиты на лесовозных автомобилях. Укладывают щиты автомобильными или тракторными кранами грузоподъемностью 5...7 т с вылетом стрелы до 10 м или щитоукладчиками. Последние кроме укладки и разборки покрытия используют также на устройстве оснований уса: на подвозке и укладке лежней и шпал, планировке основания уса и уборке шпал на отработанных усах.

**Покрытия усов из лесосечных отходов.** Усы на хворостяной выстилке из лесосечных отходов широко используют для выравнивания и укрепления проезжей части на сухих местах при недренирующих грунтах. Толщина покрытия в уплотненном состоянии (после 4—5 проходов трелевочного трактора) должна составлять 0,2...0,3 м, ширина 4,5...5 м. На сырых и заболоченных грунтах хворостяную выстилку укладывают на настил из вершин деревьев и дровяной древесины, под который при необходимости укладывают продольные лежни.

Лесосечные отходы получают при обрубке сучьев и вершин деревьев во время прорубки просеки, а затем добавляют при разработке лесосек. Для сбора лесосечных отходов используют подборщики сучьев и погрузчики с грейферными захватами на базе трелевочных тракторов.

На болотах для увеличения несущей способности устраивают хворостяную выстилку по сплошному или разреженному настилу с отсыпкой сверху хвороста слоя дренирующего грунта или гравийно-песчаной смеси толщиной 0,1...0,25 м (рис. 8.33). Дренирующий грунт *б* для засыпки хворостяной подушки *5* должен обеспечивать частичное заполнение пустот между сучьями и частичную пригрузку пружинящего слоя. Хворостяная выстилка хорошо пропускает воду и обеспечивает устойчивость отсыпанного грунта.

Поскольку строительство усов должно опережать заготовку леса, то необходимо использовать сучья освоенных участков. Лесосечные бригады непрерывно готовят хворостяную подушку, а дорожно-строительные бригады засыпают ее дренирующим грунтом или песчано-гравийной смесью, профилируют и уплотняют. В сухих местах с дренирующими грунтами засыпку сучьев ведут из боковых резервов бульдозером. Уплотнение производят катками, а при их отсутствии допускается уплотнять гружеными автосамосвалами за 5—7 проходов с перекрытием колеи. Расход хвороста

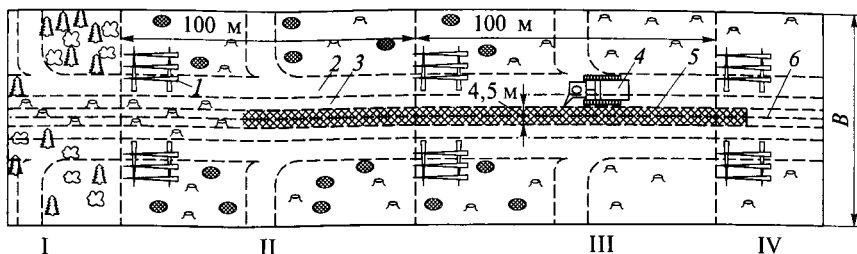


Рис. 8.33. Технологическая схема строительства уса на хвостяной подушке:

1 — штабель хлыстов; 2 — волок; 3 — основание уса; 4 — укладчик хвоста; 5 — хвостяная подушка; 6 — дренирующий грунт; I — разрубка просеки; II — подготовка основания; III — укладка хвоста и его уплотнение; IV — засыпка хвостяной подушки дренирующим грунтом с уплотнением

на 1 км составляет  $360 \dots 570 \text{ м}^3$ , расход дренирующего грунта —  $490 \dots 1380 \text{ м}^3$ , трудоемкость строительства — 125—230 чел.-дней.

**Грунтовое, грунтовое улучшенное, гравийное покрытие.** Грунтовые усы строят в лесосеках с дренирующими грунтами (крупнообломочных, песчаных, супесчаных), на плотных слабоувлажненных грунтах, в том числе глинистых, имеющих включения каменных материалов. Для надежного обеспечения водоотвода земляное полотно устраивают двухскатным с продольными водоотводными канавами.

Когда грунтовое покрытие не обеспечивает движение автотранспорта, производят его улучшение добавками песка, гравия, щебня. Доставку добавок осуществляют обычно автомобилями-самосвалами с выгрузкой в кучи на обочину. Вначале производят планировку и рыхление поверхности земполотна на толщину слоя, подлежащего улучшению (0,15... 0,2 м). Планировку выполняют бульдозером, рыхление — рыхлителем или кирковщиком. После этого автогрейдером перемешивают добавки на земляное полотно и распределяют по ширине проезжей части. Перемешивание грунта и добавок осуществляют круговыми проходами автогрейдера с перемещением разрыхленного грунта с добавками от края полотна к оси дороги. После перемещения всего грунта с добавками в вал производят развалку и разравнивание смеси. Перемешивание повторяют до получения однородной смеси без комьев грунта. Уплотнение слоя производят самоходными или прицепными катками. Начинают уплотнение с краев параллельными проходами с перекрытием на 0,2... 0,3 м.

Гравийное покрытие на усах устраивают только в случае, когда расстояние транспортировки гравийного материала не превышает 4 км. Гравийную смесь отсыпают на подготовленное земляное полотно, разравнивают и уплотняют, как на магистральных дорогах.

## 8.8. Строительство зимних лесовозных дорог и ледяных переprav

Важным этапом строительства снежных и ледяных дорог является подготовка основания, при которой при необходимости корчуют пни, прошпаливают труднопроходимые участки, устраивают простейшие водопропускные сооружения. В основание зимних дорог, пересекающих болото глубиной свыше 1 м, укладывают низкотоварные бревна и порубочные остатки на ширину 5...6 м. При устойчивой консистенции торфа расстояние между поперечинами принимают 0,5...0,7 м, при торфе неустойчивой консистенции устраивают сплошной поперечный настил.

С наступлением устойчивых отрицательных температур на сырых и заболоченных местах осуществляют проминку дорожной полосы гусеницами тракторов, что способствует ускорению процесса промерзания и выравниванию проезжей части. Проминку выполняют в часы наиболее низких суточных температур. В процессе проминки поперечины и порубочные остатки втапливаются в грунт. Чтобы обеспечить ровность и равномерность проминки основания, каждый последующий проход трактора должен быть смещен относительно предыдущего. Проминку заканчивают, когда образуется достаточный слой мерзлого грунта и прекращается появление воды на поверхности после прохода трактора. Начинают проминку легкими гусеничными тягачами (ГАЗ-47, АЛТ, ГТТ) или тракторами (ТДТ-40, ТДТ-55, ТТ-4), после чего пропускают тракторы с большим удельным давлением на грунт (Т-100, Т-130, Т-170). После проминки осуществляют планировку основания бульдозером. В необходимых случаях для обеспечения ровности покрытия, сокращения расхода воды и сроков намораживания неровности на поверхности дороги засыпают небольшим слоем грунта или выпавшего снега. Ориентировочно прогнозировать промерзание основания, обеспечивающее движение автомобилей, можно по сумме накопленных отрицательных среднесуточных температур воздуха, начиная отсчет с даты устойчивого перехода через 0°C. Необходимая сумма отрицательных среднесуточных температур для болот с травянистой растительностью 120...130°C, а с моховой растительностью — 140...150°C.

После устройства основания приступают к строительству покрытия зимней дороги. Снежное покрытие создают при небольшой интенсивности движения и использовании легких автопоездов на вывозке леса.

Основная задача при сооружении снежного покрытия состоит в обеспечении ровности проезжей части и высокой плотности снега (не менее 500 кг/м<sup>3</sup>). Разравнивание и начальное уплотнение снега до плотности 400...500 кг/м<sup>3</sup> выполняют бульдозером после выпадения снежного покрова толщиной 0,1...0,15 м. Окончатель-

ное уплотнение снега производят пневмошинными катками или колесами лесовозных автомобилей. Плотность снежного покрытия при уплотнении катками может быть доведена до  $550 \text{ кг/м}^3$  при температуре до  $-10^\circ\text{C}$  и до  $500 \text{ кг/м}^3$  при температуре ниже  $-10^\circ\text{C}$ . Для достижения большей плотности необходима поливка водой. Необходимое уплотнение обеспечивают при 3—4 проходах катка по одному следу с перерывами между проходами 2 ч при температуре ниже  $-20^\circ\text{C}$ , 2...4 ч при температуре  $-10...-20^\circ\text{C}$  и 4...6 ч при температуре до  $-10^\circ\text{C}$ .

Более глубокий снег (0,2...0,35 м) в начале перемешивают ребристыми катками или боронами за 2—4 прохода по одному следу с перерывами 4...5 ч. Сразу после каждого перемешивания снег уплотняют тяжелым гладким катком. Открывать движение автотранспорта по дороге следует спустя 24 ч при температуре воздуха  $0^\circ\text{C}$  и не менее 15 ч при более низких температурах, что обеспечивает повышение прочности покрытия в 1,4—1,6 раза.

Ледяное покрытие зимних дорог получают путем полива проезжей части водой или путем оплавления снега в камере подогрева специальных машин. Плотность покрытия ледяных дорог должна быть не менее  $800 \text{ кг/м}^3$ .

Перед поливкой основанию придают горизонтальный поперечный профиль и очищают от снега, если его толщина более 0,05 м. Начинают поливку с участков со слабой несущей способностью, а также подъездов к водозаборам, после чего поливают дорогу на всем протяжении. Лучшая температура наружного воздуха для поливки  $-5...-18^\circ\text{C}$ . Поливку дорог выполняют водополивочными машинами ЛД-21, ДМ-3 и др. При первых поливках намораживают ледяной слой толщиной 0,05...0,07 м и шириной 3,0...3,5 м на центральной части дороги. После открытия движения устраивают покрытие на всей проезжей части и в дальнейшем наращивают толщину ледяного слоя до 0,30 м. Во второй половине зимы производят выборочную поливку, наращивая покрытие на наиболее протаиваемых участках (на открытых местах, склонах). С наступлением весны поливку ледяных дорог организуют в ночное время, а также переходят на вывозку леса ночью в одну или две смены. Ориентировочный расход воды составляет  $600 \text{ м}^3/\text{км}$  при ширине проезжей части 7 м.

На затяжных подъемах поливку верхних слоев ледяного покрытия следует сочетать с распределением песка или опилок, что обеспечивает шероховатость поверхности и необходимое сцепление колес автомобиля с покрытием. Норма россыпи фрикционных материалов составляет 0,14...0,80  $\text{кг/м}^3$ . Чтобы повысить прочность ледяного покрытия и замедлить его таяние весной, на открытых местах и склонах в покрытия вмораживают щепу, опилки, стружки.

Для ускорения ввода зимних дорог осенью устраивают простейшее профилированное земляное полотно в нулевых отметках.

На болотах и переувлажненных грунтах устраивают насыпи небольшой высоты (0,25...0,35 м) на сплошном или разреженном настиле из древесины, сооружают простейшие водопропускные и водоотводные сооружения. Промерзание грунта на таких дорогах происходит с наступлением первых еще слабых морозов. Необходи-

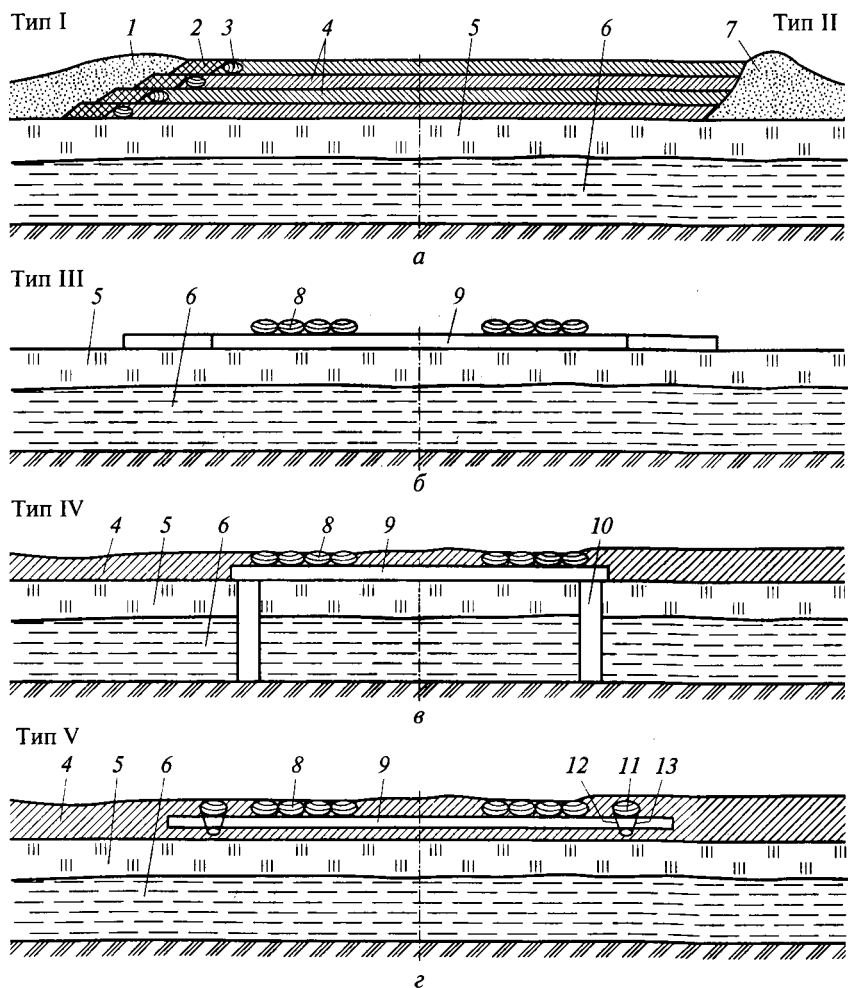


Рис. 8.34. Типовые конструкции (тип I—V) усиления ледяного покрова на переправе:

*а* — намораживанием; *б* — лежневым настилом; *в* — лежневым настилом на сваях; *г* — лежневым настилом, усиленным канатами; 1 — снеговой покров; 2 — уплотненный снег; 3 — жерди; 4 — намораживаемые слои льда; 5 — ледяной покров; 6 — вода; 7 — валик из снега; 8 — колесопродовы; 9 — поперечины; 10 — сваи; 11 — колесоотбойное бревно; 12 — скрутка из проволоки; 13 — канат

димая сумма накопленных отрицательных температур для такой дорожной конструкции составляет  $50^{\circ}\text{C}$ , благодаря чему возможно открытие движения на 1—1,5 мес раньше. Зимой обычно используют снежные и ледяные дороги, проходящие по заболоченным участкам и болотам и которые вводят в эксплуатацию только с наступлением сильных морозов и достаточном промерзании болот. Для эксплуатации в весенний период готовят усиленное ледяное покрытие толщиной до 45 см.

На зимних дорогах при переходах через крупные водотоки вместо строительства искусственных сооружений устраивают ледяные переправы. Для переправы выбирают участок с невысокими пологими берегами и скорости течения до 1 м/с. Уклон съезда не должен превышать 60 ‰. Для укрепления кромки льда и уменьшения уклонов у берегов устраивают съезды: настил из низкотоварной древесины, бревенчатые мостики или эстакады.

При недостаточной толщине естественного льда проводят искусственное его намораживание или усиление переправы деревянным настилом (рис. 8.34). Толщина искусственного намороженного слоя не должна превышать  $2/3$  толщины естественного льда, а каждый сантиметр льда, образованного с использованием снега, приравнивается к 0,005 м естественного льда. В целях повышения производительности при устройстве ледяных переправ, более раннего ввода их в эксплуатацию, а также улучшения прочностных свойств льда рекомендуется намораживать его методом факельного льдообразования (с использованием агрегата ДМ-28). Суть метода заключается в распылении воды в виде частиц диаметром от 2 мм до 0,1 мкм, которые за время полета в воздухе успевают охладиться и частично замерзнуть, выпадая в виде водо-ледяной смеси. Плотность получаемого намораживаемого льда составляет 500...600 кг/м<sup>3</sup>. Наилучшие условия для факельного намораживания создаются при температуре  $-10...-20^{\circ}\text{C}$ . Размер образующихся при распылении частиц зависит от соотношения напора и диаметра насадки. Чем выше отношение, тем меньше капли. Таким образом можно регулировать процентное содержание льда в смеси, которое не должно превышать 55 %, особенно при низких температурах. При недостатке воды в смеси монолитный лед намораживаемого слоя просто не образуется.

## **8.9. Особенности технологии строительства лесовозных узкоколейных железных дорог**

Особенности строительства лесовозных железных дорог связаны со специфичностью их конструкции. При строительстве земляного полотна эти особенности проявляются только в меньшей



ширине земляного полотна. Наибольшая специфичность в строительстве лесовозных железных дорог проявляется при устройстве верхнего строения пути — укладке рельсошпальной решетки и устройстве балластного слоя.

**Укладка рельсошпальной решетки.** При строительстве железных дорог рельсошпальную решетку вначале укладывают непосредственно на поверхность земляного полотна, без балластного слоя, по мере готовности земляного полотна и искусственных сооружений. На укладке пути в основном используют строительные поезда (рис. 8.35). Звенья, состоящие из двух рельсов с прикрепленными к ним шпалами, заранее собирают на звеносборочной базе. При погрузке звеньев на укладочный поезд их сначала погружают на головную платформу, а затем лебедкой передвигают на последующие. На рельсах каждого звена на их передних концах должны быть смонтированы накладки.

В некоторых случаях применяется не звеньевая, а *раздельная* укладка пути поэлементно со сборкой рельсошпальной решетки на земляном полотне. В этом случае к грузовому крюку путеукладчика подвешивают рельсозахват, чокеры или другие приспособления для подъема груза. На настилах платформы путеукладчика и на прицепленных к нему платформах укладывают шпалы и рельсы, которые последовательно подают на передний край платформы. Шпалы укладывают на земляное полотно согласно эпюре и к ним пришивают рельсы.

При незначительных объемах работ или отсутствии механизмов путь укладывают и вручную. Для этого на земляном полотне предварительно намечают положение рельсовых звеньев. Затем подвозят и раскладывают шпалы поперек оси пути, выравнивая один их конец по шнуру. К концу уложенного пути на путевых

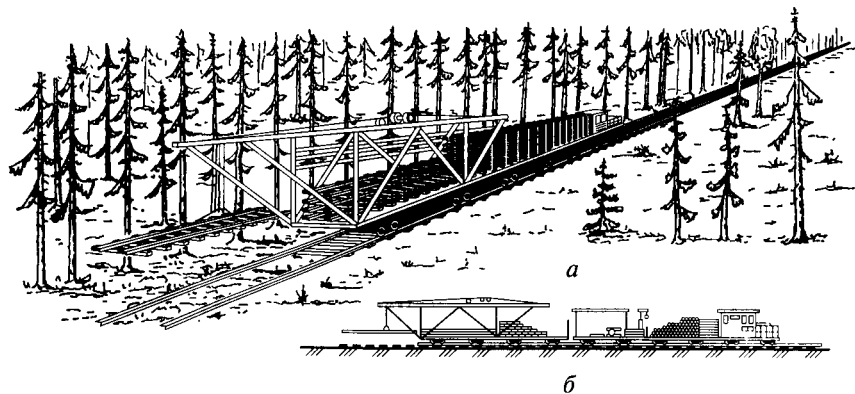


Рис. 8.35. Укладка узкоколейного пути путьекладчиком:

а — звеньями; б — раздельная по элементам

тележках подвозят рельсы и скрепления. После укладки рельсов и их соединения в стыках на шейке рельсов размечают требуемое положение шпал и передвигают шпалы в положение, соответствующее разметке. Только после этого рельсы пришивают костылями к шпалам с соблюдением установленной ширины колеи и производят выправку (рихтовку) рельсового пути в плане. С помощью визирок выполняют также выправку пути в профиле, причем в этом случае временная подбивка шпал производится местным грунтом. Для ручной укладки пути требуется бригада в составе 20—22 чел., а производительность на укладке достигает 400 м пути в смену. После укладки пути выполняется его рихтовка, т. е. выправление рельсовой колеи в плане.

**Балластировка пути.** Балластировка предназначена для создания дренирующего упругого слоя между поверхностью земляного полотна и рельсошпальной решеткой. Балластные материалы (щебень, гравий, песок) загружают в карьерах в специальные вагоны — *хopper-дозаторы*, обеспечивающие дозированную саморазгрузку. После заполнения балластом межшпальных промежутков и разравнивания слоя поверх шпал рельсошпальную решетку поднимают и балласт попадает под шпалы. Перед подъемкой пути на балласт сбоку должны быть выставлены высотные колья, показывающие положение головки рельсов после подъема на балласт. При отсутствии механизмов подъемку выполняют ручными подъемниками на легкой путевой тележке. В этом случае балласт вручную подправляют под шпалы ручными подбойками и подштопками. Затем производят рихтовку пути и оправку балластной призмы.

Механизированную подъемку пути на балласт осуществляют балластировочными машинами — *балластерами*, выполняющими дозировку предварительно вывезенного балласта, засыпку балластом шпальных ящиков, подъемку рельсошпальной решетки, оправку балластной призмы, а также рихтовку рельсовой колеи в плане. При движении балластера рельсошпальная решетка поднимается с помощью рельсозахватного механизма, имеющего четыре пары роликов, а балласт просыпается под шпалы.

Средняя производительность комбайна составляет 400 м пути в смену при обслуживании его двумя рабочими: машинистом и оператором.

## **8.10. Обустройство дороги и сдача в эксплуатацию**

Обустройство дороги осуществляют для того, чтобы обеспечить безопасность движения и придать дороге законченный эсте-

тический вид. Для обеспечения безопасности служат технические средства организации дорожного движения: дорожные знаки, разметки, направляющие устройства, ограждения, сети освещения, светофоры. Для придания дороге законченного эстетического вида проводят мероприятия по озеленению, создают малые архитектурные формы.

Число дорожных знаков и указателей и их места установки обосновывают, исходя из организации движения транспортных и пешеходных потоков с выделением на дорогах опасных участков. Дорожные знаки, кроме километровых, устанавливаются на правой по направлению движения стороне дороги. Километровые знаки располагают по правой стороне дороги по ходу километража (считая от пункта примыкания дороги). Дорожные знаки располагают на специальных присыпных бермах за пределами обочин так, чтобы крайние выступающие части дорожных знаков располагались не ближе 1,75 м от кромки проезжей части. Установку и снятие дорожных знаков согласовывают с ГИБДД МВД России.

Чтобы привлечь внимание водителей на опасность, а также предотвратить или уменьшить повреждения от съезда автомобилей с высоких насыпей, устанавливают направляющие устройства: сигнальные столбики, тумбы, сплошные металлические, железобетонные и канатные ограждения.

Технический контроль является неотъемлемой частью технологии строительства автомобильных дорог и осуществляется в целях обеспечения выполнения работ с высоким качеством в полном соответствии с проектно-сметной и нормативно-технической документацией.

Технический контроль при строительстве, реконструкции, капитальном и среднем ремонте подразделяют на следующие виды:

- производственный и лабораторный контроль, осуществляемый в процессе производства работ техническим персоналом;
- технический надзор, осуществляемый заказчиком;
- авторский надзор, осуществляемый проектной организацией;
- инспекторский надзор, осуществляемый работниками министерства и его главками.

Контролирующий инженерно-технический персонал проверяет:

- соответствие строящихся конструкций или сооружений проекту;
- соответствие вида и качества используемых дорожно-строительных материалов проекту;
- выполнение режимов и технологии строительства;
- правильность ведения технической документации (журнал производства работ, журналы лабораторных испытаний, акты испытаний строительных материалов, акты освидетельствования скрытых работ и геодезической разбивки, акты промежуточной приемки);

- наличие на объекте проектно-сметной документации.

При строительстве и реконструкции лесных дорог выполняют:

- приемку скрытых работ по мере их выполнения до начала последующих работ;
- промежуточную приемку ответственных конструкций (мосты, трубы);
- приемку в эксплуатацию построенных дорог и сооружений;
- приемку работ по капитальному и среднему ремонту дорог (участков) и сооружений на них.

Приемку (освидетельствование) скрытых работ проводят по мере окончания отдельных работ или конструктивных элементов, которые частично или полностью будут скрыты при последующих работах. До приемки скрытых работ запрещается выполнять последующие работы.

Для сдачи дороги в эксплуатацию организация, сдающая выполненные строительные или ремонтные работы, должна предъявить комиссии:

- исполнительные чертежи сдаваемых конструктивных элементов дороги;
- журнал производства работ; акты освидетельствования скрытых работ, а также акты о производстве геодезической разбивки;
- журналы лабораторного контроля производства работ, акты испытаний строительных материалов и контрольных образцов.

Комиссия по приемке дороги в эксплуатацию руководствуется СНиП 3.06.03 — 85. Она оценивает соответствие выполненных работ проекту и требованиям инструкции по проектированию лесозаготовительных предприятий, дает оценку качества выполненных работ путем осмотра дороги и сооружений, контрольных измерений и проверки отдельных конструктивных элементов, составляет акт приемки дороги в эксплуатацию.

Качество отдельных видов работ оценивают по степени их ответственности проекту и нормативным документам путем сравнения фактических отклонений от проектных размеров с допускаемыми отклонениями. Значения допускаемых отклонений элементов земляного полотна: высотные отметки продольного профиля —  $\pm 0,05$  м; расстояние между осью и бровкой земляного полотна —  $\pm 0,1$  м; поперечный уклон поверхности земляного полотна —  $\pm 10\%$ ; увеличение крутизны откосов — 10 %; уменьшение требуемого коэффициента уплотнения по абсолютной величине — 0,04. Для гравийных, щебеночных и улучшенных грунтовых оснований и покрытий величины допускаемых отклонений элементов дороги при приемке составляют: ширина покрытия  $\pm 0,1$  м; толщина слоя покрытия 10 % (но не более 0,015 м); высота отметки по оси  $\pm 0,05$  м; поперечный уклон покрытия  $\pm 10\%$ ; просвет под трехметровой рейкой 0,015 м.

Соответствие продольного профиля проектному проверяют контрольным нивелированием не менее 10 % протяжения принимаемого участка, поперечный профиль — шаблоном или рейкой с уровнем не менее чем в пяти поперечниках на каждом километре, толщину слоя покрытия — промерами по оси и на расстоянии 1 м от кромки проезжей части в трех поперечниках на каждом километре; ширину покрытия — не менее чем в пяти поперечниках на каждом километре.

Оценку качества отдельного вида работ по земляному полотну и дорожной одежде производят по числу крайних отклонений. При оценке «отлично» их должно быть не более 3 %, при оценке «хорошо» — 3...6 %, «удовлетворительно» — 6...10 %. Оценку качества выполнения отдельного конструктивного элемента определяют по формуле

$$C_i = \frac{3n_1 + 4n_2 + 5n_3}{n_1 + n_2 + n_3},$$

где  $n_1, n_2, n_3$  — число видов работ, получивших оценки соответственно «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично».

Оценку качества строительства дороги в целом рассчитывают по формуле

$$C = \sum_{i=1}^m C_i K / m + P,$$

где  $m$  — число конструктивных элементов;  $K$  — коэффициент, учитывающий важность конструктивных элементов,  $K = 1,0 \dots 1,1$ ;  $P$  — показатель, отражающий внешнее впечатление об объекте (принимается комиссией в пределах  $0 \dots 0,5$ ); при  $C = 3 \dots 3,5$  оценка качества «удовлетворительно», при  $C = 3,5 \dots 4,5$  — «хорошо», при  $C > 4,5$  — «отлично».

Комиссии предоставлено право не принимать дорогу, отдельные участки или сооружения в эксплуатацию, если установлено, что отдельные виды работ или конструктивные элементы выполнены с нарушением рабочих чертежей, технических условий или по отдельным показателям обнаружены отклонения, превышающие установленные допуски.

## **8.11. Проектирование организации строительства и производства работ**

Организацию работ по строительству дорог проектируют в два этапа. На первом этапе проектная организация составляет проект организации строительства (ПОС). На втором этапе дорожно-строительная организация составляет проект производства работ (ППР). Связано это с тем, что проектные организации при разработке

ПОС не имеют возможности учесть все детали и особенности производства. Проект производства работ является дополнением к чертежам на строительство сооружений, выполнение отдельных видов работ и работ подготовительного периода. Состав этих проектов определен СНиП 3.01.01 — 85, который запрещает осуществление строительно-монтажных работ без утвержденных ПОС и ППР.

**Состав проектов организации строительства и производства работ.** Проект организации строительства должен содержать следующие основные документы:

- календарный план, в котором определяют сроки строительства всего объекта в целом, а также сроки и очередность выполнения основных видов работ (искусственных сооружений, земляных работ, дорожной одежды);
- строительные генеральные планы и организационно-технологические карты и схемы производства работ;
- ведомость объемов дорожно-строительных работ, определенных проектно-сметной документацией;
- ведомость потребности в строительных материалах, дорожных машинах и кадрах строителей;
- пояснительную записку, содержащую обоснование всех принятых организационных и технологических решений.

В проекте производства работ уточняют и детализируют положения, принятые в ПОС в общих чертах. Исходными материалами для разработки ППР служат проект организации строительства; необходимая рабочая документация; условия поставки материалов; наличие дорожных машин.

Проект производства работ содержит пояснительную записку, отражающую обоснование всех принятых решений, детальную разработку технологии работ и уточненные технико-экономические показатели. В состав ППР также входят генеральный план строительства; уточненный перечень и объемы работ; конструкции основных сооружений; технологические карты; схемы производства работ; сетевые или линейно-календарные графики производства работ; графики движения и работы машин, потребности в рабочей силе и графики материально-технического снабжения.

**Основные принципы проектирования.** Организация строительного производства должна обеспечивать целенаправленность всех организационных, технических и технологических решений на достижение конечного результата — ввода в действие дороги с необходимым качеством и в установленные сроки. Для успешного достижения основной цели строительства и оптимального решения как общих, так и частных задач в процессе разработки проектов организации строительства и производства работ следует руководствоваться следующими принципами:

- использование новейших достижений дорожной науки и передового производственного опыта, направленных на повышение

производительности труда, улучшения использования дорожных машин, снижения себестоимости работ;

- внедрение комплексной механизации с применением рационально подобранных комплектов наиболее производительных современных машин, а также автоматизации строительных процессов;

- применение наиболее прогрессивной технологии. Детальная разработка индивидуальных технологических карт и привязка к конкретным условиям строительства типовых карт являются важным звеном проектирования производства работ. Предпочтение следует отдавать технологии, обеспечивающей наименьший расход материальных ресурсов и наименьшую стоимость работ при обеспечении качества в соответствии с требованиями строительных норм и правил;

- научно-техническое нормирование. Потребное количество материально-технических ресурсов, их технологическая расстановка и увязка взаимодействия должны быть рассчитаны на основе технических прогрессивных норм, учитывающих все возможности высокой производительности труда и обеспечивающих эффективное использование средств механизации. Нормативной базой для разработки ПОС являются сметные нормы, для составления ППР — производственные нормы расхода ресурсов с привязкой к конкретным условиям производства;

- круглогодичное производство работ, повышение ритмичности использования дорожно-строительных машин и рабочей силы в течение всего года;

- планирование и обеспечение надежного функционирования запроектированных производственных систем в условиях воздействия на дорожно-строительный процесс случайных дестабилизирующих факторов.

**Проектирование технологических карт.** *Технологическая карта* — это проектный документ, который определяет технологию и организацию работ для выполнения какого-то комплексного процесса работ. Карты разрабатывают, чтобы обеспечить строительство готовыми рациональными решениями, способствующими уменьшению трудоемкости, улучшению качества и снижению себестоимости строительно-монтажных работ. В ППР должны быть составлены технологические карты на все основные виды работ. Они предназначены для использования прорабами, мастерами и рабочими в процессе производства работ.

Технологические карты бывают типовые и рабочие. *Типовые технологические карты* разрабатывают научно-исследовательские институты на определенные виды комплексных процессов (возведение земляного полотна бульдозерами, на постройку отдельных слоев дорожной одежды и т.п.) для каких-то средних условий. *Рабочие технологические карты* составляют на работы в конкрет-

ных условиях. При наличии типовых технологических карт рабочие технологические карты составляют путем привязки типовых карт к местным условиям.

Технологические карты содержат следующие разделы.

1. *Общие положения.* В этом разделе указывают, на какой комплексный процесс работ и для каких условий разработана технологическая карта, а также основные процессы, для которых составлена технологическая карта и требования к строительным материалам.

2. *Технологическая последовательность процессов с расчетом объемов работ и потребных ресурсов.* Расчет ведется на укрупненный измеритель, например на 1 км дороги, на 1 000 м<sup>2</sup> основания или покрытия и т. п.

3. *Установление скорости потока и комплектование отряда.* Зная потребность в машино-сменах на укрупненный измеритель и скорость потока, подбирают состав машин в отряде и составляют схему работы машин с размещением их по захваткам. Отряд комплектуют по критерию полной загрузки ведущей машины и максимально возможной в данных условиях загрузке вспомогательных машин.

4. *Схемы работы потока и размещение ресурсов по захваткам.* Разбивают частный поток на захваты, при этом стремятся к сокращению их числа (с целью сокращения длины специализированного потока), однако исходят из возможности обеспечения нормальной безопасной работы всех машин на захватке. Определяют потребные ресурсы машин на каждой захватке и вычерчивают схему потока.

5. *Указания по рациональному выполнению основных рабочих процессов.* В разделе приводятся указания по наиболее эффективному, рациональному производству основных работ.

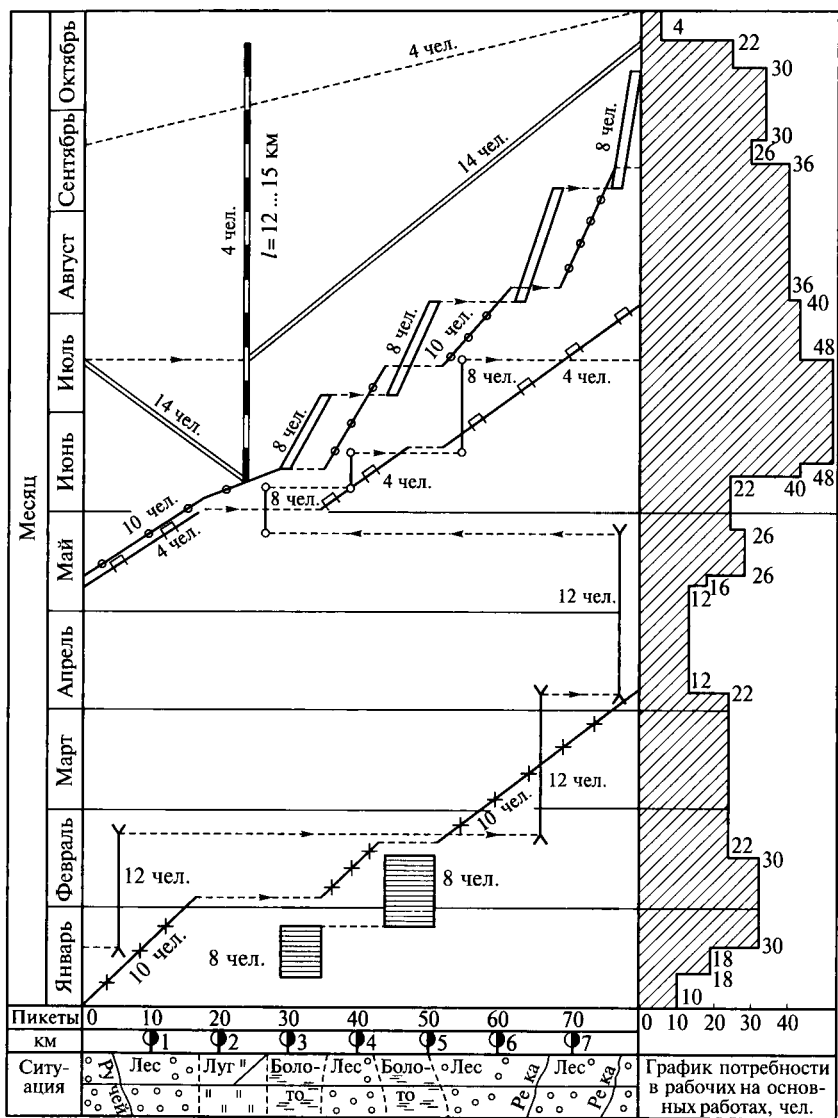
6. *Требования к качеству работ, охрана труда.* В разделе содержатся требования к качеству работ, правила охраны труда и меры безопасности.

7. *Основные технико-экономические показатели.*

**Календарные и сетевые графики.** Основная задача организации дорожных работ — согласование во времени и пространстве всех элементов производства — реализуется в процессе календарного планирования. *Календарным планом* называют совокупность проектно-технологических документов, устанавливающих последовательность и сроки выполнения работ: они содержат три основных параметра: вид работ, место и время.

Организацию работ поточным методом наиболее наглядно можно изобразить *линейным календарным графиком* в плоской системе координат (рис. 8.36). На таком графике в определенном масштабе откладывают по вертикали время в календарных днях на весь период строительства, по горизонтали — протяженность дороги. На





- постройка еланей
- постройка мостов, труб
- разубка дорожной полосы
- корчевка пней
- земляные работы бульдозером
- возведение дорожной одежды
- работы в гравийном карьере
- обстановка дороги
- переходы бригад на новое место работы
- земляные работы с возкой земли автосамосвалами

Рис. 8.36. Линейный календарный график строительства лесовозной автомобильной дороги

графике отображают объемы основных строительных работ, календарные сроки начала и конца отдельных видов работ, движение потоков, увязку сосредоточенных и линейных работ.

Работы, которые выполняют с постоянной скоростью, изображаются на графике наклонными линиями, а выполняющиеся с переменной — в виде ломаной линии. Сосредоточенные работы изображают вертикальными линиями напротив их расположения на плане дороги, переход бригад и звеньев показывают горизонтальными пунктирными линиями. Под графиком показывают спрямленный план дороги и объемы работ по километрам или участкам. Справа от графика вычерчивают эпюры потребности в автомобилях в смену, потребность в рабочей силе и дорожных машинах.

Линейные календарные графики, несмотря на простоту и наглядность, имеют ряд существенных недостатков: на графике невозможно выделить главные виды работ, в результате несвоевременного выполнения которых может задержаться и остановиться строительство всей дороги; линейные графики не позволяют отразить взаимодействие и технологические связи отдельных структурных подразделений и работ. Большую часть этих недостатков устраняют при переходе к сетевому планированию и управлению, руководящим документом которого является *сетевой график*.

Сетевой график представляет собой модель строящегося объекта, на которой определенным образом показывают все работы в их технологической связи и взаимосвязи от начала и до полного завершения строительства. График представляет собой пронумерованные кружки, соединенные безмасштабными стрелками (рис. 8.37). Основными элементами сетевого графика являются работы, события, ожидания и путь.

*Работа* — технологическая операция, требующая затрат труда, ресурсов и времени. На сетевом графике работа обозначается сплошной линией со стрелкой и указанием ее продолжительности.

*Событие* — это начало или окончание одной или нескольких работ, позволяющих начинать следующую по технологической очередности работу. На графике событие обозначается кружком с указанием его номера.

*Ожидание* — процесс, не требующий затрат труда и ресурсов, но отнимающий время. Другими словами, это технологический или организационный перерыв между работами, обусловленный технологией или выбранной схемой работы. Ожидание на графике показывают сплошной прямой линией с указанием времени ожидания.

*Зависимость*, или *фиктивная работа*, — процесс, не требующий никаких затрат, даже затрат времени. Ее обозначают пунктирной линией и вводят в график для отображения, что возможность начала одной работы непосредственно зависит от другой

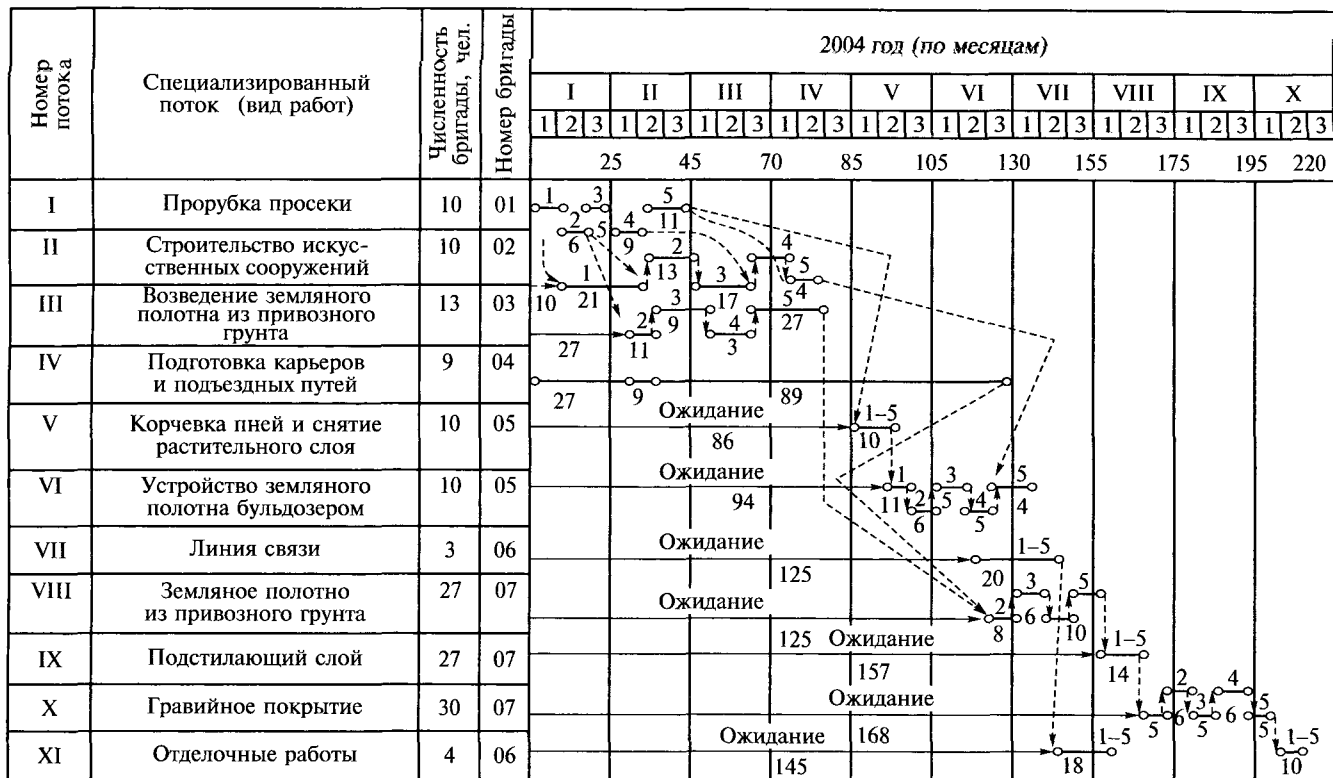


Рис. 8.37. Сетевой график на строительство участка лесной автомобильной дороги протяженностью 5 км (1, 2, 3 — декады месяца; 25—220 — число рабочих дней)

(например, корчевку пней можно начинать после окончания рубки просеки). Все стрелки работ направлены в одну сторону, к конечному событию и образуют цепочки (пути).

*Путь* — совокупность работ в непрерывной технологической последовательности от исходного события сети до завершающего. Продолжительность пути есть сумма продолжительностей всех работ, входящих в путь. На сетевом графике может быть множество путей. При сравнении путей выделяют один из них, имеющий наибольшую продолжительность. Такой путь называют *критическим*. Именно этот путь определяет продолжительность всего строительства. Критический путь на графике вычерчивается красной жирной линией. Разность между продолжительностью критического пути и продолжительностью любого другого пути представляет резерв времени, показывающий на резерв производственной мощности. При составлении сетевых графиков их оптимизируют по критерию минимума продолжительности строительства, используемым машинам, материалам и трудовым ресурсам.

Для составления сетевого графика необходимо иметь:

- проект на строительство дороги;
- данные об объеме всех видов работ;
- технологические карты;
- состав дорожно-строительного отряда, бригад и звеньев;
- данные об источниках снабжения дорожно-строительными материалами;
- дорожно-климатический график района строительства и расчеты возможных сроков выполнения отдельных видов работ;
- директивные сроки строительства дороги, начала и конца выполнения работ;
- нормативные и справочные материалы для определения производительности машин, норм выработки рабочих.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие существуют способы и методы организации строительства?
2. Каковы основные принципы организации строительства?
3. Что относится к подготовительным работам при дорожном строительстве?
4. Какова технология строительства водопропускных труб и мостов?
5. Каковы общие требования к сооружению земляного полотна?
6. Как составляют графики распределения земляных работ?
7. Каковы требования и как осуществляют уплотнение грунтов, как устанавливают оптимальные режимы уплотнения?
8. Каковы особенности возведения земляного полотна на болотах?
9. Как организовать строительство земляного полотна в зимнее время?
10. Какова технология строительства дорожных одежд низшего типа?

11. Как подобрать оптимальную грунтовую смесь?
12. Какова технологическая последовательность операций при строительстве гравийных и щебеночных дорожных одежд?
13. Какие технологические операции выполняют при строительстве дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими, каковы их последовательность и требования к ним?
14. Какова технология строительства асфальтобетонных покрытий?
15. Какова технологическая последовательность строительства kolejных покрытий?
16. Какие покрытия используют на усах лесовозных дорог и какова технология их строительства?
17. Из каких этапов состоит строительство зимних дорог и как продлевают срок их службы?
18. Каковы требования к устройству ледяных переправ?
19. В чем заключается обустройство и как осуществляется сдача дорог в эксплуатацию?
20. Как оценивают качество строительства дорог?
21. Что включают в себя проекты организации строительства и проекты производства работ?
22. Что содержат технологические карты на дорожное строительство?
23. Как составляют линейные календарные графики строительства?
24. Перечислите элементы и параметры сетевого графика. Какова последовательность его составления?

## СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

### 9.1. Основные задачи содержания и ремонта дорог

Лесовозная дорога представляет собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для бесперебойного, безопасного движения полногрузных лесовозных автопоездов с техническими скоростями, обеспечивающими выполнение всех транспортных работ по вывозке заготовленной древесины и лесохозяйственных мероприятий. Технические скорости определяются требуемыми объемами перевозок и устанавливаются техническими нормами по категории дорог.

Для того чтобы дорога удовлетворяла современным требованиям и обеспечивала все нужды лесопромышленного предприятия, необходимо с первых дней ее эксплуатации организовать надлежащий уход за всеми сооружениями для правильного, безопасно-го и экономичного их использования.

К лесовозным дорогам предъявляются многочисленные требования:

- дорога должна быть достаточно прочной и в то же время возможно более дешевой;
- поверхность дороги должна быть ровной и обеспечивать движение с расчетными для данной категории дорог скоростями, минимальное сопротивление движению, расход горючего, стоимость перевозки лесных грузов;
- содержание дороги должно требовать минимальных трудовых затрат;
- конструкция дорог должна обеспечивать проведение ремонтных работ механизированным способом;
- дорога должна быть построена в основном из местных дорожно-строительных материалов.

Надежная работа дорог предопределяет эффективность работы лесозаготовительного предприятия как по вывозке древесины, так и по выполнению лесохозяйственных мероприятий, охране леса.

Комплекс работ по эксплуатации лесовозной дороги включает в себя:

- обеспечение безопасности движения;

- организацию и регулирование движения автомобилей, выполняющих перевозки лесохозяйственных грузов, и лесовозных автомобильных поездов;
- надзор за дорожными сооружениями и их охрана;
- содержание дорожных сооружений в исправном состоянии и чистоте;
- поддержание в исправном состоянии системы водоотвода;
- изучение и анализ условий и характера работы дороги и ее сооружений.

Для поддержания дороги в эксплуатационном состоянии организуется дорожно-ремонтная служба. Дорожно-ремонтные работы подразделяются на следующие виды: содержание, текущий, средний и капитальный ремонты.

*Содержание* дорог заключается в систематическом уходе за дорогой, дорожными сооружениями, полосой отвода и поддержанию их в надлежащем порядке в течение всего периода эксплуатации дороги для обеспечения непрерывного и безопасного движения автотранспорта с установленными нагрузками и скоростями.

*Текущий ремонт* дорог включает в себя работы по предупреждению и устранению отдельных деформаций и разрушений дорожных покрытий, искусственных сооружений, водоотводной системы и земляного полотна.

*Средний ремонт* представляет собой комплекс ремонтных работ, проводимых один раз в несколько лет, для восстановления дорожных сооружений, возмещения слоя износа и улучшения транспортно-эксплуатационных качеств дороги и дорожных сооружений.

Таблица 9.1

**Межремонтные периоды для лесовозных автомобильных дорог**

Виды дорожных одежд	Межремонтные периоды для ремонтов, год		
	текущего	среднего	капитального
Щебеночные и гравийные из оптимальных смесей на песчаном основании	Ежегодно	4—5	8—10
Щебеночные и гравийные из несортированного материала	»	3—4	8—10
Грунтогравийные, грунтощебеночные, грунтолежневые	»	2—3	—
Грунтовые улучшенные	»	2	—
Колейные из железобетонных плит	»	7—10	15—20

*Капитальный ремонт* включает в себя работы по восстановлению до проектных норм прочностных характеристик и геометрических параметров дороги с одновременной заменой изношенных и утративших прочность и требуемые свойства конструктивных элементов. Состояние дороги характеризуют ее работоспособность и технико-экономическими показателями.

Ориентировочные межремонтные периоды для лесовозных автомобильных дорог с различными видами дорожных одежд, установленные правилами технической эксплуатации, приведены в табл. 9.1.

## **9.2. Теоретические основы эксплуатации лесовозных дорог**

Лесовозная дорога является одним из основных сооружений лесопромышленного предприятия.

Эксплуатация лесовозных дорог и лесовозного подвижного состава — сложная взаимосвязанная система, в которой эффективность работы автопоездов определяется состоянием дорог, а их долговечность зависит от условий эксплуатации автопоездов.

Основными проблемами эксплуатации лесовозных дорог являются:

- организация и обеспечение высокопроизводительной работы лесовозных поездов на вывозке древесины;
- разработка и совершенствование технологии содержания и ремонта дорог;
- оптимизация сроков службы основных видов дорожных одежд;
- борьба с пылеобразованием на грунтовых и гравийных дорогах;
- борьба с пучинообразованием;
- борьба со снежными заносами в зимнее время;
- борьба с наледями;
- повышение безопасности движения и др.

Структурную схему системы эксплуатации лесовозной дороги на основе системотехники можно представить в виде четырех взаимосвязанных блоков (рис. 9.1): водитель — автопоезд — дорога — внешняя среда. Такая схема позволяет анализировать как в целом систему, так и отдельные ее подсистемы.

В структурной схеме выделяются основные подсистемы: автопоезд — дорога; дорога — автопоезд; водитель — автопоезд; внешняя среда — водитель; автопоезд — внешняя среда; дорога; внешняя среда — автопоезд; дорога — внешняя среда; автопоезд — внешняя среда. При необходимости каждую подсистему можно представить в виде отдельных элементов. Для автомобиля — колеса, подвеска, трансмиссия, механизм управления,



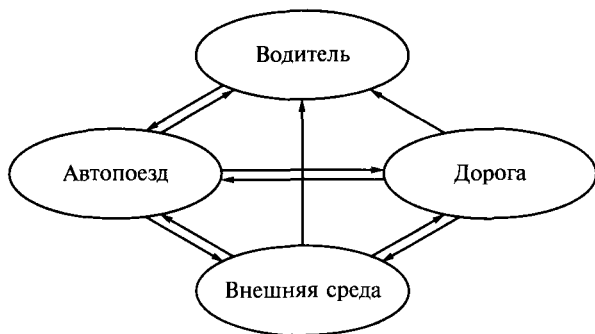


Рис. 9.1. Структурная схема системы эксплуатации лесовозных автомобильных дорог

кузов, двигатель; для внешней среды — обустройство дороги, дорожные знаки, ограждения, температура воздуха и т. д.

Для организации эффективной эксплуатации лесовозной дороги необходим тщательный анализ взаимодействия подсистем. Основным критерием экономичности системы эксплуатации лесовозной дороги являются минимальные удельные затраты на вывозку древесины.

Подсистема *автопоезд — дорога* представляет собой механическую модель транспортного процесса. При движении автопоезда воздействует на дорогу, в результате чего в ней возникают напряжения и деформации, являющиеся причиной образования различных деформаций дорожной одежды. Исследования этой подсистемы позволяют разработать инженерные мероприятия по поддержанию дорог в хорошем техническом и эстетическом состоянии.

Подсистема *дорога — автопоезд* представляет собой динамическую модель, позволяющую анализировать колебательный процесс при движении автопоезда по дороге. Колебательный процесс возникает вследствие наличия неровностей на покрытии. Из-за неровностей дороги скорость движения автопоезда может снизиться вдвое, производительность — на 30...40 %, а себестоимость вывозки древесины увеличится на 50...60 %.

В процессе эксплуатации дороги число неровностей и их размеры увеличиваются. Период колебаний  $T$ , с, кузова автомобиля при движении составляет

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}},$$

где  $M$  — масса кузова, кг;  $k$  — жесткость рессор, Н/м или  $\text{кг} \cdot \text{с}^2 \times \text{м}/(\text{кг} \cdot \text{м})$ .

При скорости движения автопоезда со скоростью  $v$ , м/с, выбоины будут располагаться друг от друга на расстоянии  $l$ , м:

$$l = 2\pi v \sqrt{\frac{M}{k}}.$$

Вследствие этого на дорогах с гравийным покрытием возникают так называемые волны или гребенка.

Распределение неровностей на дороге носит случайный характер. Поэтому микропрофиль покрытий оценивается статистическими характеристиками:  $m$  — числом выступов (впадин) на 1 км дороги;  $\sigma$  — среднеквадратичным отклонением неровностей и  $\mu$  — коэффициентом вариации неровностей:

$$h_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^m h}{m}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (h_{\text{ср}} - h_i)^2}{m-1}}; \quad \mu = \frac{\sigma}{h_{\text{ср}}},$$

где  $h_{\text{ср}}$  — средняя высота выступа, см;  $h_i$  — высота  $i$ -го выступа, см.

Характеристики микропрофилей получают при помощи профилографов, нивелированием или с помощью толчкомера, фиксирующего колебания надрессоренной части автомобиля. Изучение колебательного процесса автопоезда позволяет правильно сконструировать подвеску автомобиля и прицепного состава или подобрать для данного типа покрытия соответствующий подвижной состав, определить динамические усилия, действующие на дорогу, возможную скорость движения.

Подсистема *водитель — автопоезд* является эргономической и основывается на физиологических возможностях водителя, быстроте его реакции при управлении автопоездом. На основании анализа информации от внешней среды водитель, взаимодействуя с исполнительными механизмами, управляет движением автопоезда, задавая режим движения и рациональную траекторию.

Подсистема *внешняя среда — водитель* базируется на психологических особенностях взаимодействия водителя с условиями движения. Внешняя среда формирует у водителя эмоциональное напряжение. На основе анализа внешней среды водитель избирает такой режим управления автопоездом, который обеспечивает безопасность движения и минимальное эмоциональное напряжение. Исследование этой подсистемы позволяет установить рекомендуемые режимы движения, обустройство дороги знаками.

Подсистема *автопоезд — водитель* является обратной связью подсистемы водитель — автопоезд. Эта система позволяет изучить влияние условий движения на работоспособность водителей, ус-

танавливать предельные нормы вибрации и шума для водителей, размеры салона автомобиля, расположение щитка приборов, элементов управления и т.д.

Подсистема *внешняя среда — дорога* базируется на анализе водно-теплового режима дорожной конструкции и представляет собой теплообменную модель. Воздействие атмосферных осадков ухудшает эксплуатационное состояние покрытий. В результате воздействия внешней среды в дорожной конструкции возникают напряжения и деформации, приводящие к ухудшению ровности покрытия. Исследование этой подсистемы позволяет разработать инженерные мероприятия по повышению устойчивости дорог и безопасности движения.

Подсистема *внешняя среда — автопоезд* позволяет изучать надежность транспортных средств, их работу в различных климатических условиях.

Подсистема *дорога — внешняя среда* позволяет изучать влияние дороги как инженерного сооружения на изменения во внешней среде в связи со строительством дороги. Построенная дорога изменяет водно-тепловой режим местности, нарушает естественное геологическое строение и может в значительной мере повлиять на растительный мир на значительных площадях. Дорога прерывает естественные пути миграции животных, пути их водопоя и т.п.

Подсистема *автопоезд — внешняя среда* позволяет изучать влияние движущихся автопоездов на экологическую обстановку окружающей среды. Отрабатываемые газы, пыль, стоки воды с поверхности покрытия отрицательно влияют на растительный и животный мир и их воспроизводство. В местах миграции животных через дорогу появляется опасность их гибели.

### **9.3. Показатели эксплуатационных качеств и надежности лесовозных дорог**

Для определения состояния дороги и определения необходимого объема ремонтных работ служат эксплуатационные показатели.

*Работоспособность дороги* — обобщенный показатель технико-эксплуатационного состояния дороги, характеризующий ее соответствие требованиям лесовозного транспорта. Работоспособность оценивается показателями прочности, ровности, сцепления колес автомобиля с поверхностью дорожного покрытия, пропускной способностью, грузонапряженностью и др. В качестве комплексного обобщенного показателя работоспособности чаще всего принимают массу брутто пропущенного подвижного состава.

Дорога считается работоспособной, если обеспечивается пропуск установленного числа автомобилей, реализуются расчетные

скорости движения и созданы условия безопасности для всех участников дорожного движения. Эксплуатационные показатели могут быть представлены в абсолютной и относительной формах. В абсолютной форме они раскрывают физическую сущность явления, но не позволяют делать сравнительную оценку. В относительной форме дается вывод о соответствии показателя установленным требованиям.

Наиболее важные относительные эксплуатационные показатели автомобильных дорог следующие.

*Коэффициент службы* — показатель соответствия общего состояния дороги условиям движения подвижного состава с расчетной скоростью:

$$K_{\text{сл}} = v_{\text{ф}}/v_{\text{р}},$$

где  $v_{\text{ф}}$  и  $v_{\text{р}}$  — фактическая и расчетная скорости движения на данном участке дороги, м/с.

*Коэффициент износа* определяет степень износа покрытия лесовозных автомобильных дорог:

$$K_{\text{из}} = \Delta h_{\text{ф}}/\Delta h,$$

где  $\Delta h_{\text{ф}}$  и  $\Delta h$  — соответственно полная величина износа и толщина слоя износа (не входит в расчетную толщину покрытия), мм.

*Коэффициент прочности* — показатель соответствия фактической прочности дорожной одежды требованиям, вытекающим из условий эксплуатации:

$$K_{\text{пр}} = E_{\text{ф}}/E_{\text{пр}},$$

где  $E_{\text{ф}}$  и  $E_{\text{пр}}$  — фактический и проектный модули упругости, МПа.

*Коэффициент проезжаемости* определяет степень ровности покрытия дороги:

$$K_{\text{п}} = m_{\text{ф}}/m_{\text{р}},$$

где  $m_{\text{ф}}$  и  $m_{\text{р}}$  — фактические и расчетные суммы неровностей покрытия, определяемые толчкоммером или трехметровой рейкой, мм.

От ровности покрытия зависит скорость движения автопоездов по дороге. Деформации дороги в виде небольших неровностей, высотой 3...5 мм полностью поглощаются шинами и не вызывают толчков и колебаний, более крупные неровности вызывают колебания подвижного состава и появление динамических усилий. Для измерения ровности покрытия на лесных дорогах чаще всего используют трехметровую рейку. Просвет между рейкой и поверхностью дороги измеряют линейкой. Предельно допустимый просвет для щебеночных и гравийных покрытий составляет 15 мм.

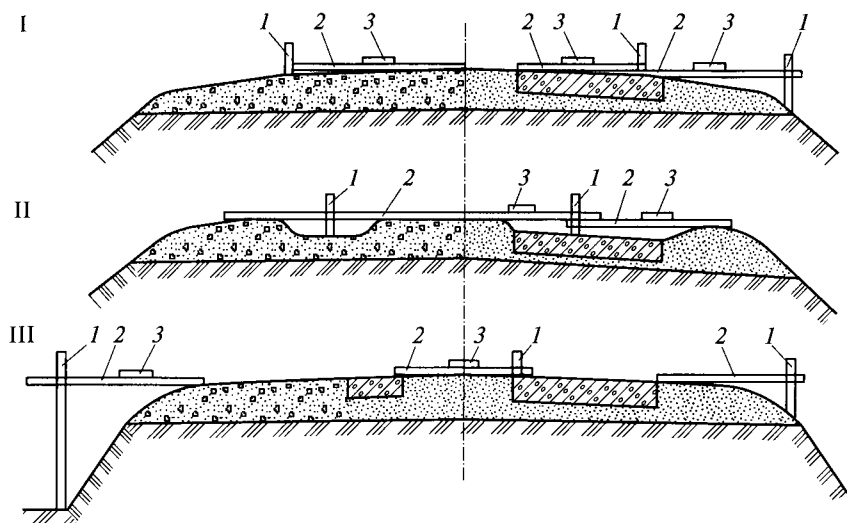


Рис. 9.2. Измерение ровности дорожных одежд (слева — гравийные и щебеночные покрытия, справа — колейные покрытия):

1 — линейка; 2 — рейка; 3 — уровень; I — измерение величины поперечного уклона; II — измерение глубины колеи (слева), просадки плит (справа); III — измерение высоты насыпи (слева), ровности укладки плит (справа)

Отклонения от этой величины не должны превышать 5 % общего числа промеров. Максимальные просветы не должны превышать 30 мм (рис. 9.2). Промеры просветов делают в трех створах на каждом пикете. На дорогах с колейным покрытием просвет под трехметровой рейкой не должен превышать 20 мм, зазор между плитами — 10 мм, уступ в стыках — 5 мм, разница в высоте по осям колесопроводов на прямом участке — 20 мм.

Способ измерения неровностей при помощи реек несложен, но трудоемок. Для оценки ровности больших протяжений дорог применяется толчкомер. Действие прибора основано на измерении и суммировании сжатий пружины рессоры задней оси на протяжении 1 км.

Между показаниями толчкомера и средним просветом под трехметровой рейкой установлена устойчивая корреляционная зависимость

$$s = 20 + 7,1h^{1,7},$$

где  $s$  — показания толчкомера, мм;  $h$  — средний размер просвета под рейкой, мм.

Для оценки состояния покрытия по результатам его исследования с помощью толчкомера могут быть использованы данные, приведенные в табл. 9.2.

## Данные для оценки состояния покрытия с помощью толчкомера

Тип покрытия	Показания толчкомера, мм		
	Состояние покрытия		
	Отличное	Хорошее	Требуется ремонта
Асфальтобетонное	50	150	300
Чернощебеночное (черногравийное)	100	250	600
Щебеночное (необработанное)	200	450	800
Гравийное (необработанное)	200	400	900

Влияние поврежденных участков покрытия на скорость движения  $v_{п}$ , м/с, можно приблизительно определить по формуле

$$v_{п} = v_{р} \frac{v_{\min}}{(1 - \alpha)v_{\min} + \alpha v_{р}},$$

где  $v_{р}$  — расчетная скорость;  $v_{\min}$  — скорость движения по поврежденному участку;  $\alpha$  — отношение поврежденной площади к общей площади участка.

*Коэффициент интенсивности движения*

$$K_{\text{инт}} = N_{\phi} / N_{р},$$

где  $N_{\phi}$  и  $N_{р}$  — соответственно фактическая и расчетная интенсивность движения, авт./сут.

*Коэффициент скользкости*

$$K_{\text{ск}} = \phi_{\phi} / \phi_{р},$$

где  $\phi_{\phi}$  и  $\phi_{р}$  — фактические и расчетные коэффициенты сцепления шин с дорогой.

*Надежность* — свойство дорожной конструкции сохранять требуемые качества в процессе эксплуатации. Надежность — это вероятность изменения эксплуатационных характеристик до предела, ниже которого требуется проведение капитального ремонта дороги, т.е. вероятность безотказной работы в течение установленного срока службы. Надежность тесно связана с понятием об отказах. Отказ дороги или какого-либо ее элемента — это такое состояние, при котором не обеспечено безопасное движение транспорта с установленной скоростью. Различают отказ полный и частичный. Под полным отказом понимается, что дорога полностью потеряла работоспособность, а частичный отказ имеет место, когда нарушается возможность обеспечения установленной производи-

**Потребность в проведении отдельных видов ремонта дорог**

Вид работ	$K_{сл}$	$K_{п}$	$K_{ск}$	$K_{из}$	$K_{пр}$
Содержание дороги	Менее 0,8	Не более 1	Более 0,5	Менее 1	Более 1
Текущий ремонт	Менее 0,8	Более 1	Более 0,5	Менее 1	Более 1
Средний ремонт	Менее 1	Более 1	Менее 0,5	Более 1	Не менее 1
Капитальный ремонт дорожных одежд: усовершенствованных капитальных усовершенствованных облегченных переходных	Менее 1	Более 1	Менее 0,5	Более 1	Менее 0,95
	Менее 1	Более 1	Менее 0,5	Более 1	Не более 0,8
	Менее 1	Более 1	Менее 0,5	Более 1	Не более 0,7

тельности в данных условиях. В качестве основного показателя надежности автомобильного транспорта принимается скорость движения, от которой зависят другие показатели.

На основании анализа показателей определяют потребность в проведении отдельных видов ремонта (табл. 9.3).

**9.4. Виды деформаций лесовозных дорог**

В процессе эксплуатации на состояние дороги влияют многочисленные природные и производственные факторы.

Основным фактором, влияющим на состояние дороги, является *динамическое воздействие колес* транспортных средств, вызывающее упругие и пластические деформации в конструктивных слоях дороги и дорожных сооружений.

На состояние дороги влияют такие природные факторы, как постоянно изменяющиеся температурные и гидрологические условия.

Основными факторами, отрицательно влияющими на состояние дороги, являются:

- при проектировании: ошибки при прогнозировании интенсивности движения и осевых нагрузок, расчете и конструировании дорожной одежды, а также учета природных факторов и грунтово-гидрологических условий;
- при строительстве: использование дорожно-строительных материалов, не предусмотренных в проекте, нарушение техноло-

гии строительства земляного полотна и слоев дорожной одежды; некачественное выполнение работ;

- в процессе эксплуатации: превышение допустимых нагрузок лесовозных поездов, несвоевременное выполнение работ по содержанию и ремонту дороги.

Для обеспечения долговечности работы дороги как инженерного сооружения необходимо, чтобы все ее элементы работали в стадии упругих деформаций. На второстепенных дорогах допускаются остаточные деформации, но равномерно распределенные по площади. Неоднородные деформации должны срочно устраняться, так как они снижают скорость движения, ухудшают безопасность и приводят к быстрому разрушению дороги.

В результате воздействия колес подвижного состава и природных факторов происходят износ и деформирование дорожных конструкций.

Основные виды деформаций земляного полотна (рис. 9.3):

- просадки насыпей из-за слабого основания и недостаточного уплотнения грунта;
- сползание насыпи по косогору из-за неправильной подготовки основания;
- размывы откосов и обочин в связи с большой крутизной откосов и недостаточным уплотнением;
- сплывы откосов выемок;

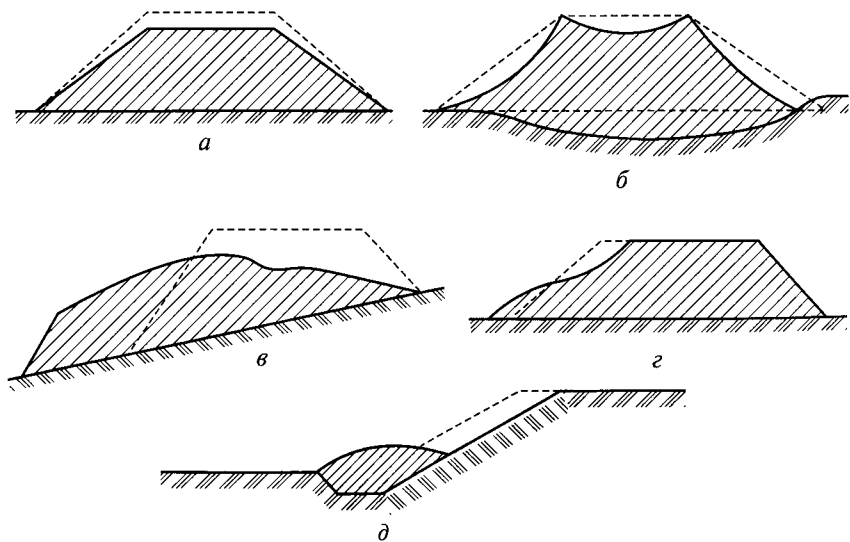


Рис. 9.3. Основные виды деформаций земляного полотна:

*а* — просадка насыпи из-за недостаточного уплотнения; *б* — просадка насыпи из-за слабого основания; *в* — сползание насыпи по косогору; *г* — размыв откоса насыпи; *д* — смыв откоса выемки



- размывы кюветов и канав, русел водотоков у водопропускных сооружений из-за недостаточного укрепления.

Деформации дорожных одежд разделяют на три группы: просадки, трещины в покрытии, отделение и перемещение материала покрытия.

К *первой группе* относят:

- плавные неровности — впадины и просадки из-за недостаточного уплотнения покрытия и основания или из-за пучинообразования;

- мелкие колеи в покрытии в связи с ездой по одному следу и недостаточной толщиной покрытия;

- глубокие колеи по причине недостаточно прочного слоя основания, роста интенсивности движения, проезда тяжелых автомобилей или из-за повышения уровня грунтовых вод;

- волны (гребенка) — однообразные поперечные неровности с шагом около 1 м появляются при движении по дороге однотипных автомобилей с одинаковыми скоростями.

К *второй группе* деформаций относят:

- трещины и переломы в плитах из-за недостаточной прочности плит, слабого основания или вымывания материала подстилающего слоя в пристыковой зоне;

- сетка трещин на покрытии из укрепленного грунта (причиной может быть недостаточная морозостойкость материала покрытия или появление трещин в основании).

К *третьей группе* деформаций относят:

- выбоины — вырывание материала ударами колес, проходами гусеничных машин;

- отслаивание — отсутствие связи покрытия с основанием;

- шелушение на покрытиях из укрепленных грунтов в связи с низкой морозостойкостью или излишней жесткостью и крупностью материала;

- отделение крупных частиц гравийного материала, связанное с неправильным подбором зернового состава;

- выступы крупных камней в покрытии, также из-за неправильного подбора зернового состава.

## **9.5. Организация текущего содержания и ремонта лесовозных дорог**

Для правильной организации и проведения работ, обеспечивающих надежное эксплуатационное состояние дорог, необходимо знание природных условий каждого участка и предвидеть, какие изменения произойдут в связи со строительством дороги.

В результате изучения водно-теплового режима должны быть намечены мероприятия, необходимые при содержании и ремон-

те земляного полотна и обеспечивающие сохранение дорожных одежд.

Дорожная служба организуется в каждом лесном предприятии для содержания и ремонта эксплуатируемой сети дорог, строительства временных дорог — усов. Работа дорожной службы осуществляется на основе годового плана работ по содержанию и ремонту дорог, составляемому на основе весеннего обследования. Основной единицей дорожной службы является дорожно-мастерский участок, возглавляемый мастером, которому подчинены ремонтные бригады и бригады по строительству усов. За дорожным мастером закрепляют необходимые машины, оборудование и инструмент. Численный состав бригады для обслуживания участка устанавливают, исходя из объема и характера работ по содержанию и ремонту дорог и наличия средств механизации.

Для содержания и текущего ремонта дорог лесотранспортную сеть разделяют на дорожно-мастерские участки протяжением 35...50 км приведенной длины. Для определения приведенной длины дорог установлены следующие переводные коэффициенты: 1,2 — для грузосборочных магистралей с цементобетонными или асфальтобетонными покрытиями; 1,0 — для магистралей лесных дорог; 0,75 — для служебных дорог и веток независимо от типа покрытия; 0,5 — для усов летнего и зимнего действия.

Потребность рабочих на содержание и ремонт 1 км приведенной длины дорог можно определить по формулам:

для дорог с гравийными и щебеночными покрытиями в неморозный период

$$N_{\text{лет}} = 0,25L + 0,0018R_{\text{лет}} + n_{\text{ус}}l_{\text{ус}};$$

для дорог с покрытиями из железобетонных плит

$$N^1_{\text{лет}} = 0,3L + 0,00058R_{\text{лет}} + n_{\text{ус}}l_{\text{ус}};$$

для дорог круглогодичного действия в зимний период

$$N_{\text{зим}} = 0,132L + 0,0006R_{\text{зим}} + n_{\text{ус}}l_{\text{ус}};$$

для снежно-ледяных дорог

$$N_{\text{сез}} = 0,186L + 0,0006R_{\text{зим}} + n_{\text{ус}}l_{\text{ус}},$$

где  $L$  — протяженность магистралей и веток, эксплуатируемых в данный период, км;  $R_{\text{лет}}$  и  $R_{\text{зим}}$  — грузовая работа соответственно за лето и зиму, тыс. м<sup>3</sup>·км;  $n_{\text{ус}}$  — численность рабочих на содержании в исправности 1 км уса, находящегося в эксплуатации,  $n_{\text{ус}} = 0,2...0,4$ ;  $l_{\text{ус}}$  — протяженность усов, находящихся в одновременной эксплуатации, км.

**Содержание дорог.** Содержание дорог в исправности предусматривает выполнение следующих работ по сезонам года.

*Весной* — очистка от снега и отвод воды с проезжей части и обочин; обеспечение исправной работы водоотвода для скорейшего просыхания дороги; ограждение мест с недостаточной прочностью и признаками пучения укладкой временных щитов; устройство на обочинах пучинистых участков воздушных поперечных ровиков с уклоном дна 40...50‰ в сторону откоса, шириной 0,25...0,5 м через 3...4 м в шахматном порядке, на глубину, соответствующую толщине дорожной одежды; закрытие движения по грунтовым и гравийным дорогам на период распутицы; раскрытие отверстий водопропускных сооружений; пропуск ледохода под мостами; уборка снегозащитных щитов; после достаточного просыхания (при достижении влажности близкой к оптимальной) — планировка проезжей части.

*Летом* — обеспечение ровности покрытия систематической планировкой поверхности; обеспыливание дорог с грунтовыми, грунтогравийными и гравийными покрытиями; обеспечение равномерного износа покрытия; ликвидация размывов обочин; пропуск воды по канавам и другим водоотводным сооружениям с их очисткой в отдельных местах от ила; скашивание травы и вырубка кустарника на обочинах; устранение неисправностей мостов и труб; приведение в порядок дорожных знаков и указателей.

*Осенью* — обеспечение водоотвода с устранением рытвин, выбоин и колёй, где может задержаться вода; подготовка и установка снегозащитных щитов; закрытие перед снегопадом отверстий труб и малых мостов; выравнивание поверхности проезжей части профилированием перед началом заморозков.

*Зимой* — борьба со снежными заносами и гололедом; постройка снежно-ледяных и ледяных покрытий и ледяных переправ.

**Борьба с пучинами и их предупреждение.** Пучинами называют местные выпучивания земляного полотна (рис. 9.4), происходящие в зимнее время. Пучины, образующиеся при избыточном увлажнении земляного полотна атмосферными осадками и несвоевременном их отводе, называются *поверхностными*. Если причиной возникновения пучин являются высокое поднятие уровня грунтовых вод в осенний период и влагонакопление в зоне промерзания, пучины называют *гидрологическими*, или *коренными*. Температурные коренные пучины возникают при длительном периоде промерзания грунта, когда за счет большой разницы температур парообразная вода из глубины перемещается в верхнюю часть земляного полотна. При замерзании вода, накопившаяся в верхней части насыпи или грунтового основания, увеличивается в объеме на 10% и минеральные частицы грунта раздвигаются, грунт увеличивается в объеме, что приводит к местным поднятиям поверхности дороги до 30 см.

Характеристикой пучения грунтов является коэффициент пучения, измеренный в процентах и представляющий собой отно-

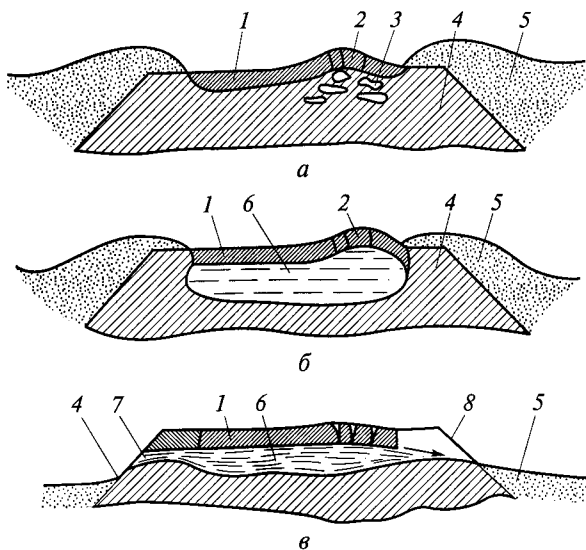


Рис. 9.4. Пучины на дорогах:

*а* — зимой; *б* — весной; *в* — устройство воронок для отвода воды; 1 — дорожная одежда; 2 — пучина; 3 — грунт с ледяными прослойками; 4 — замёрзший грунт; 5 — снег; 6 — растаявший грунт, насыщенный водой; 7 — закрытая воронка с заложённой фашиной; 8 — открытая воронка для отвода воды из-под дорожной одежды

шение величины подъема поверхности  $h_{\text{п}}$  к глубине промерзания грунта  $H_{\text{пр}}$ :

$$K_{\text{п}} = \frac{h_{\text{п}}}{H_{\text{пр}}} \cdot 100.$$

В зависимости от относительного пучения грунты делятся на группы:

- чрезмерно пучинистые ( $K_{\text{п}} = 10 \dots 15$  и более): супесь тяжелая, пылеватая и суглинок мелкий пылеватый;
- очень пучинистые ( $K_{\text{п}} = 7 \dots 10$ ): песок мелкий пылеватый, супесь пылеватая, суглинок тяжелый пылеватый;
- пучинистые ( $K_{\text{п}} = 4 \dots 7$ ): супеси и суглинки легкие и тяжелые, глины, суглинок легкий пылеватый;
- слабопучинистые ( $K_{\text{п}} = 1 \dots 4$ ): пески мелкие и пылеватые, суглинок легкий и тяжелый;
- непучинистые ( $K_{\text{п}} = 1$ ): пески крупные и средние, пески мелкие с содержанием частиц размерами менее 0,05 мм менее 2 %.

Для предотвращения возникновения пучин в процессе содержания дороги в первую очередь необходимо обеспечить надежную

работу системы водоотвода. Для этого следует: не допускать застоя воды в кюветах и резервах; при малых продольных уклонах водоотводных канав (менее 3 ‰) через каждые 100...300 м устраивать выпуск воды в пониженные места; на равнинных участках местности при затрудненном водоотводе устраивать испарительные бассейны на расстоянии 70...100 м от дороги; устраивать нагорные канавы; в выемках вместо кюветов устраивать глубокие лотки.

Для быстрого оттаивания грунта земляного полотна и выпуска воды из-под дорожной одежды весной необходимо очищать снег не только с обочин, но и с откосов.

При выполнении ремонтных работ предусматривать повышение высоты земляного полотна, отсыпку дополнительного слоя из дренирующего грунта, устройство теплоизолирующего слоя, воронок 7 и 8 на обочинах для отвода воды из верхних слоев грунта земляного полотна (рис. 9.4, в).

При обнаружении пучин в зимний период следует эти участки дороги покрывать смесью песка или шлака с опилками.

Особенно опасны пучины на железных дорогах. При возникновении пучины от нее должны быть сделаны плавные отводы с крутизной  $i \leq 3 \text{ ‰}$  на магистралях и  $i \leq 5 \text{ ‰}$  на ветках. Отводы устраивают, подкладывая под рельсы пучинные карточки или напальники различной толщины. Если пучины расположены одна за другой на расстоянии менее 10 м, вместо отводов делают постепенный переход с одной вершины на другую (рис. 9.5). В весен-

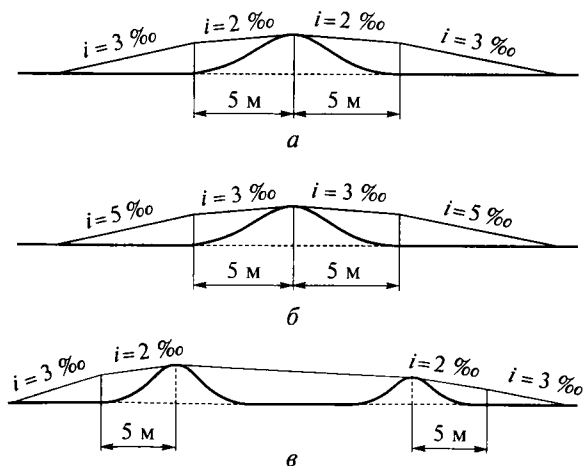
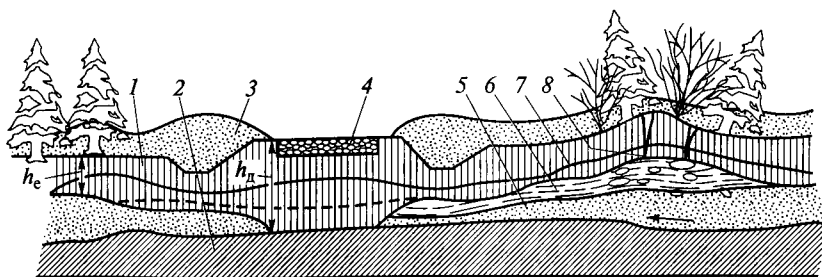


Рис. 9.5. Устройство отводов на пучинах на железных дорогах:

а — на магистрали; б — на ветках; в — между близко расположенными пучинами



а



б

Рис. 9.6. Наледи:

а — схема образования наледи; б — наледь и наледный бугор; 1 — растительный грунт; 2 — водоупорный слой; 3 — снег; 4 — дорожная одежда; 5 — водоносный слой; 6 — вода со льдом; 7 — наледный бугор; 8 — трещины в наледном бугре;  $h_e$  — глубина промерзания в естественных условиях;  $h_d$  — глубина промерзания под расчищенной от снега дорожной одеждой

нее время при оттаивании балласта и земляного полотна пучины осаживаются и пучинные карточки постепенно снимают.

Если в период распутицы невозможно полностью прекратить движение, следует устраивать объезды пучинистых участков, прокладывая по обрезу временный путь из деревянных щитов, или укладывать деревянные щиты (без шпал) на слой песка или шлака, заранее отсыпанного на проезжую часть.

**Наледи и их предупреждение.** Наледями называют скопления льда, образующиеся в результате выхода на поверхность грунтовой или речной воды во время сильных морозов. Выходящая на поверхность вода и образующаяся наледь закрывают дорогу и отверстия водопропускных сооружений.

Наледи различаются по условиям питания — грунтовые, речные, ключевые. *Грунтовые наледи* возникают вследствие более глубокого промерзания грунтов под дорожным полотном по сравнению с остальной местностью, покрытой снегом. Промерзший грунт смыкается с расположенным под водоносным слоем водоупором. Перемычка, создающаяся из мерзлого грунта, пересекает путь движения грунтовых вод, и они скапливаются перед ней, приподнимают верхний слой грунта с образованием бугра (до 4 м

высотой), который затем растрескивается, и из него начинает просачиваться вода, образуя на дороге наледь (рис. 9.6).

*Речная наледь* возникает в результате уменьшения живого сечения водотока при нарастании слоя льда. Вода взламывает лед, выходит на поверхность и заливает прилегающую местность.

*Ключевые наледы* образуются в местах выхода ключей. Температура воды, выходящей из ключа, 2...3 °С, замерзать она начинает в 100...150 м от ключа, и наледь, увеличиваясь в размерах, постепенно приближается к источнику.

Меры по предупреждению наледи заключаются в создании дренажа для осушения прилегающей местности и перехвате подземных вод. При эксплуатации дороги следует нагрести снег на лед наледеопасных участков водотоков для уменьшения опасности промерзания водотока до дна. Ключевые наледы предупреждают закладкой глубоких перехватывающих дренажей с отводом воды в низовую сторону, за земляное полотно дороги.

Для защиты дороги от грунтовых наледей создают мерзлотные пояса. При этом наледы не предотвращаются, а искусственно создаются в стороне от дороги (рис. 9.7, а).

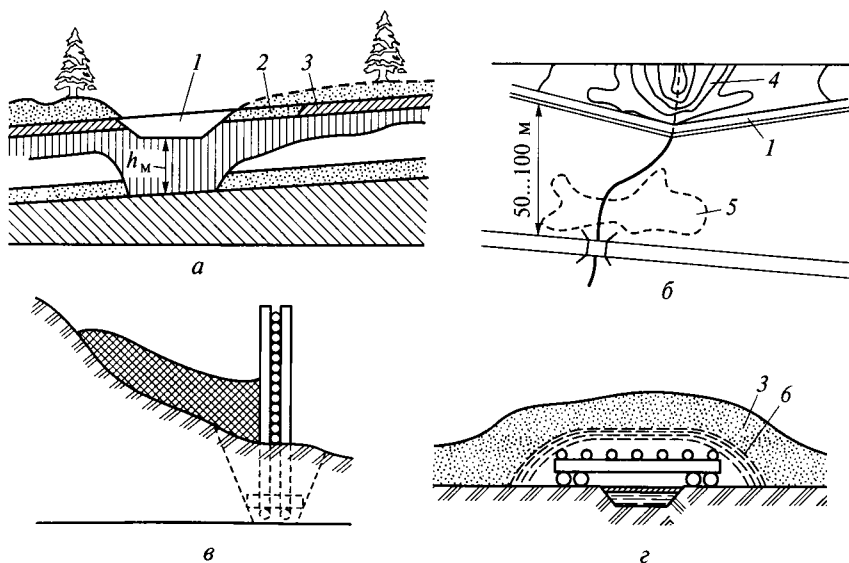


Рис. 9.7. Противоналедные мероприятия:

а — мерзлотный пояс в разрезе; б — мерзлотный пояс в плане; в — заграждение в виде бревенчатого барьера; г — утепление отводной канавы; 1 — мерзлотный пояс; 2 — плечо пояса; 3 — снег; 4 — наледь; 5 — место наледи до устройства мерзлотного пояса; б — хворост и мох;  $h_m$  — глубина промерзания под мерзлотным поясом

Мерзлотный пояс представляет собой широкую, но не глубокую канаву, создаваемую в 50... 100 м с нагорной стороны от дороги шириной 2... 3 м, глубиной 0,5... 1,0 м. Зимой канаву расчищают от снега, что вызывает быстрое и глубокое промерзание грунта под ней с образованием искусственной перемычки из мерзлого грунта на пути грунтовых вод и образование наледи, но в стороне от дороги. Для предохранения дороги от натечных наледей создают различные ограждения (земляные валы, заборы, бревенчатые барьеры, валы из снега) (рис. 9.7, в). При ключевых наледях воду, образующую наледь, пропускают через глубокую канаву с устроенным сверху утеплением (рис. 9.7, з).

**Обеспыливание.** Особенностью покрытий из песчано-гравийных, щебеночных, грунтощебеночных и грунтовых дорог является их высокая пылимость в сухое время года, что вызывает повышенный износ проезжей части дороги, износ подвижного состава, ухудшает условия работы водителей, снижает безопасность

Таблица 9.4

**Классификация лесных дорог по пылимости и рекомендуемое число обработок за лето**

Группа пылимости участков дорог	Характеристика участков			Число обработок за лето	
	Характер местности	Тип местности	Условия затенения	засушливое	умеренное
I — сильная пылимость	Открытая	1	Затенение отсутствует, $D + B > 2H$	2—3	2
	Залесенная	1		2—3	2
II — средняя пылимость	Открытая	2—3 (насыпь высотой менее 1 м)	Затенение отсутствует, $D + B > 2H$	2 раза в первый год и 1 раз в последующие годы	
	Залесенная	То же		То же	
III — малая пылимость	Открытая	2—3 (насыпь высотой более 1 м)	Затенение отсутствует, $D + B \leq 2H$	1	1
	Залесенная	1—2		1	Не требуется
IV — пылимость отсутствует	То же	1—3	$D \leq H$	Не требуется	

Примечание.  $D$  — ширина дорожной просеки;  $B$  — ширина земляного полотна;  $H$  — высота стены леса.



движения и отрицательно отражается на росте придорожных древостоев.

Пылимость дороги зависит от затененности дороги, типа местности по условиям увлажнения. Разработанная в СПбЛТА классификация лесных дорог по пылимости и рекомендуемое число обработок за лето приведены в табл. 9.4.

Для обеспыливания дорог с переходными и низшими типами покрытий применяют минеральные и органические вещества. Нормы расхода обеспыливающих материалов для I — III дорожно-климатических зон приведены в табл. 9.5.

Таблица 9.5

**Нормы расхода обеспыливающих материалов**

Материал	Нормы расхода материала на 1 м <sup>2</sup> покрытия			Примерная продолжительность действия, сут
	грунтового	гравийного	щебеночного	
Хлорид кальция порошкообразный, кг	0,7...0,8	0,6...0,7	0,4...0,6	25—40
Хлорид кальция чешуированный, кг	0,9...1,0	0,8...0,9	0,6...0,8	25—40
Хлорид кальция жидкий, л	1,7...2,0	1,3...1,7	1,0...1,5	15—25
Хлорид натрия технический (в виде раствора 40%-ной концентрации), л	1,8...2,8	1,5...2,2	1,2...2,0	15—25
Карналлит (твердый), кг:				
природный	1,4...1,6	1,0...1,4	0,8...1,2	20—40
обогащенный	1,0...1,2	0,8...1,0	0,7...0,9	20—40
Пластовые воды (при нефтедобыче), л	2,0...3,0	1,5...2,5	1,2...2,2	5—15
Сульфитно-спиртовая барда и сульфитно-дрожжевая бражка, л	1,5...2,0	1,2...1,6	1,0...1,5	10—15
Жидкие битумы и сырые нефти, топочный мазут, л	1,0...1,2	0,8...1,0	0,7...1,0	30—90
Битумные эмульсии, л	1,5...2,0	1,2...1,5	1,0...1,3	30—90
Отработанные масла, л	1,5...2,0	1,2...1,5	1,0...1,3	30—90

Для ослабления влияния солей на коррозию металлических деталей автомобилей их смешивают с ингибиторами. К хлориду натрия добавляют 2...3 % от массы хлорида натрия однозамещенного фосфата натрия; 5...7 % двухзамещенного фосфата натрия; 3...5 % суперфосфата. К хлориду кальция добавляют 5...7 % суперфосфата, 1...2 % гексаметафосфата натрия, 10...15 % нитрата кальция. Порошковые вещества распределяют специальными распределителями, пескоразбрасывателями, солераспределителями, распределителями щебня и сельскохозяйственных удобрений. Для распределения жидких веществ применяют водополивочные, поливочные машины, автогудронаторы, автоцистерны, оборудованные распределительными устройствами.

**Борьба со снежными заносами и гололедом.** В зимний период работа лесных дорог значительно осложняется снежными заносами. До 50 % годовых трудозатрат падает на борьбу со снегом и льдом, в том числе до 25 % на снегозадержание и снегоочистку.

По степени снегозаносимости участки дорог разделяют на четыре категории:

- *сильнозаносимые* — нераскрытые выемки глубиной 6 м и более;
- *среднезаносимые* — раскрытые выемки, нулевые места и насыпи высотой менее средней толщины снежного покрова;
- *слабозаносимые* — насыпи высотой более высоты снежного покрова;
- *незаносимые* — высокие насыпи, участки, проложенные в узких просеках.

Меры борьбы со снежными заносами делят на *пассивные* — снегозадержание и *активные* — очистка от снега. Снегозащитные устройства разделяют на постоянные полосы леса вдоль дорог шириной 60 м и временные (деревянные щиты, снежные валы, стенки, траншеи, ряды вершинок и крупных сучьев).

Переносные деревянные щиты (рис. 9.8) применяют на участках местности, где нет постоянных снегозащитных устройств и рельеф местности не позволяет проложить снежные траншеи.

Щиты устанавливают в конце осени вдоль дороги со стороны господствующего зимой ветра на расстоянии 20...25 м, а в сильнозаносимых местах — в 40...45 м от бровки кювета или выемки с разрывами в один щит через каждые 3—4 щита, закрепляя их кольями. Колья до замерзания грунта забивают по линии снегозащиты на расстоянии 1,9 м друг от друга. Щиты привязывают к кольям только с верхней стороны. По мере заноса щита на  $2/3$ — $3/4$  высоты щиты переставляют на гребень снежного вала в сторону дороги (рис. 9.9).

На временных дорогах применяют снегозащитные устройства в виде снежных траншей и валов (рис. 9.10).

Снежные траншеи и валы, прокладываемые бульдозером, достаточно эффективны и дешевле, чем установка щитов. Для этого

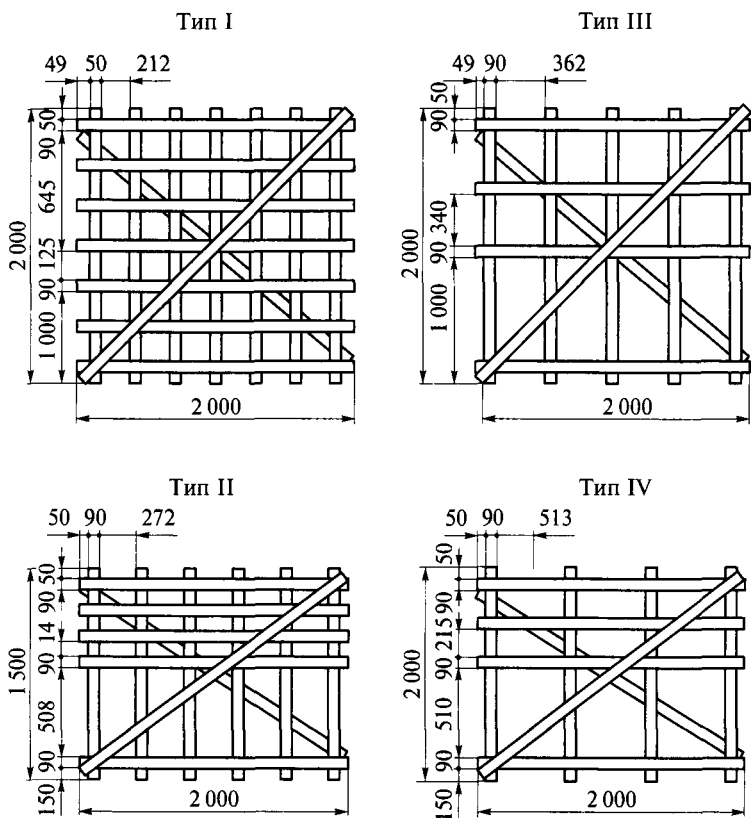


Рис. 9.8. Переносные снегозадерживающие деревянные щиты

с осени должна быть подготовлена полоса, свободная от пней и других препятствий, и обозначена вешками. Снежные траншеи прокладывают параллельно дороге. Ближняя траншея должна находиться от дороги на расстоянии не менее 30 м; расстояние меж-

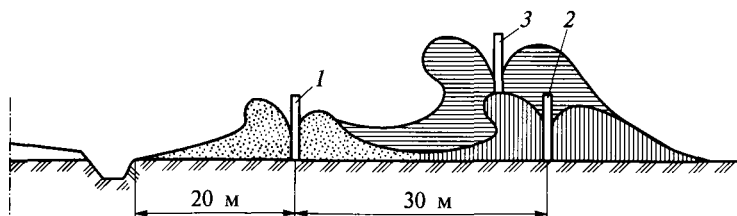


Рис. 9.9. Схема переноса щитов при сильных снежных заносах:  
1, 2, 3 — последовательность перестановки щитов

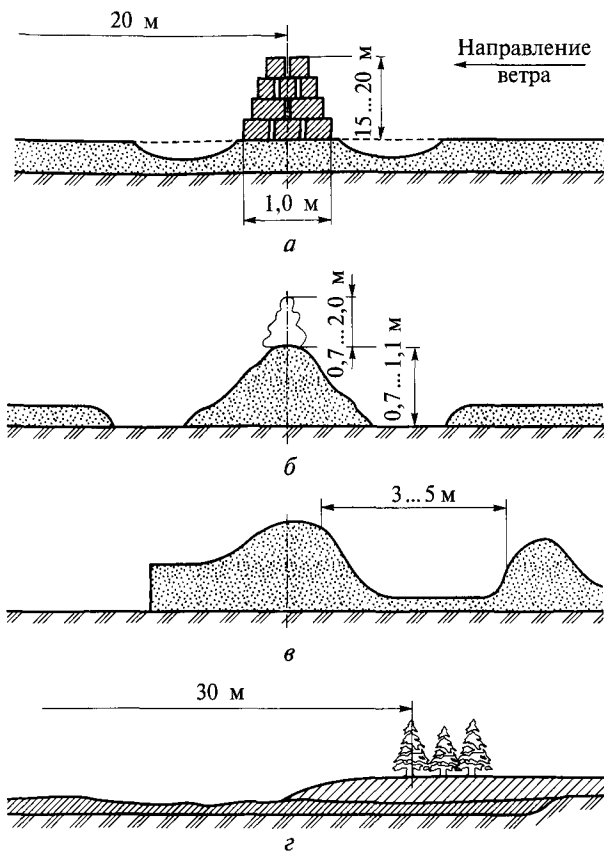


Рис. 9.10. Устройство снежных валов и траншей:

*а* — снежная стенка; *б* — снежный вал; *в* — снежная траншея; *г* — защитная полоса леса

ду соседними траншеями 12...15 м. Глубина траншей 1,0...1,5 м. Одна траншея задерживает 5...16 м<sup>3</sup> снега на 1 м длины дороги. После прекращения метели вместо засыпанных траншей устраивают новые.

Для обеспечения непрерывного и безопасного движения по дороге в зимний период необходимо поддерживать поверхность проезжей части в ровном и плотном состоянии. Для очистки дорог от снега применяют различные снегоочистители, автогрейдеры, бульдозеры, а при больших снегозаносах — шнеко-роторные снегоочистители. На дорогах с усовершенствованными покрытиями снег удаляют полностью, а на дорогах с переходными и грунтовыми дорожными одеждами оставляют слой 5...6 см. Снег удаляют и с обочин, не допуская на них образования снежных валов.

**Гололед** возникает при понижении температуры после оттепели с выпадением осадков и в результате образования ледяной корки при уплотнении снега колесами автомобилей. Для удаления с дорожных покрытий твердых ледяных и снежно-ледяных корок используют химические вещества, понижающие температуру таяния снега и льда, в результате чего ледяной слой размягчается и может быть сравнительно легко удален автогрейдером. При температуре выше  $-12^{\circ}\text{C}$  рекомендуется применять хлорид натрия, при более низких температурах применяют хлорид кальция. Можно применять и другие соли, водные растворы которых имеют достаточно низкую температуру замерзания.

При гололеде по поверхности проезжей части рассыпают крупный и средний песок, мелкий гравий, каменную мелочь, топливный шлак. Для предотвращения смерзания материалов для посыпки покрытий при хранении их следует смешивать с солями.

Нормы россыпи сыпучих материалов на участках дорог с уклоном менее 20 ‰ составляют 0,1 ... 0,2 м<sup>3</sup> на 1 000 м<sup>2</sup>. На участках с уклоном более 20 ‰, на кривых, на подходах к пересечениям дорог норма россыпи увеличивается до 0,4 м<sup>3</sup> на 1 000 м<sup>2</sup>.

**Текущий ремонт.** При текущем ремонте покрытий производят выравнивание поперечного профиля, заделку колея, трещин, выбоин, ям, рассыпание высевок и мелкого гравия. Профилирование производят автогрейдером или грейдерами. Для создания выпуклого поперечного профиля в отдельных местах добавляют гравий и уплотняют покрытие.

При ремонте земляного полотна и системы водоотвода:

- исправляют отдельные повреждения земляного полотна, водоотводных сооружений, резервов, защитных, укрепительных и регуляционных сооружений;

- подсыпают, срезают и планируют обочины на отдельных участках;

- частично планируют откосы насыпей и выемок; в случае размыва укрепляют их камнем, щебнем, одерновкой или посевом трав;

- прочищают канавы на заплывших участках, углубляют кюветы, придавая им продольный уклон не менее 5 ‰;

- до начала заморозков провешивают ось водоотводных канав в местах, подлежащих очистке от снега в весеннее время; убирают камни, хлысты и другие предметы, которые могут помешать расчистке дороги от снега;

- выполняют работы по предупреждению пучинообразования, для чего на обочинах участков, подверженных пучинообразованию, прорывают ровики до основания дренирующего слоя дорожной одежды и засыпают крупнозернистым материалом;

- исправляют небольшие повреждения отдельных элементов искусственных сооружений, частичную смену и подтяжку деталей соединений, заделку трещин, сколов.

На колеиных покрытиях выравнивают колесопроводы, выправляют плиты, заменяют разрушившиеся плиты, выравнивают обочины и межколеиное пространство, устраняют просадки.

**Средний ремонт.** Средний ремонт выполняют на основании весеннего обследования, последовательно, на отдельных участках дорог длиной 3...5 км. Если планируется увеличение объема перевозок, одновременно с восстановлением слоя износа увеличивают толщину покрытия.

Средний ремонт земляного полотна начинают с полной прочистки водоотводных сооружений и коренной перестройки пучинистых мест. Прочистку канав ведут навстречу возможному течению воды, особое внимание уделяя заиливающимся участкам. Для выпуска воды из резервов устраивают водоотводные канавы. Срезают и подсыпают грунт на откосах выемок, насыпей и на обочинах с укреплением его в местах размывов.

При наличии просадок земляного полотна дополнительно уплотняют его с улучшением отдельных участков каменными материалами. При наличии в теле насыпи грязевых мешков делают поперечные прорезы для просушки внутренней части земляного полотна, затем прорезы засыпают дренирующим грунтом с послойным уплотнением.

При среднем ремонте щебеночных, гравийных и улучшенных грунтовых дорог восстанавливают слой износа, выполняют сплошное выравнивание поперечного профиля с приданием необходимых поперечных уклонов, выполняют ямочный ремонт.

При выполнении ямочного ремонта из ям удаляют грязь, вскирковывают гравий, делают отвесные стенки (рис. 9.11, а, б). Полученный при раскировке материал укладывают на дно, сверху укладывают привезенный гравийный материал такого же состава, что и на дороге, и уплотняют (рис. 9.11, в).

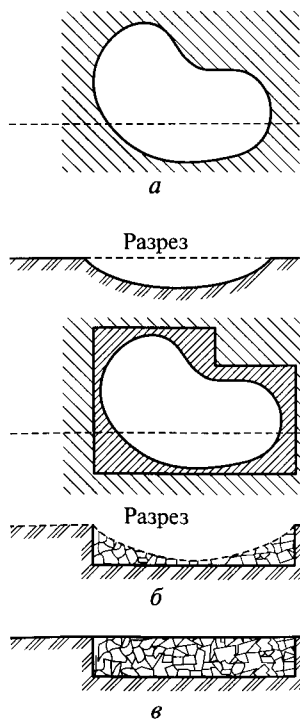


Рис. 9.11. Ямочный ремонт поврежденного покрытия:

а — выбоина до ремонта; б — подготовка к ремонту с раскировкой; в — выбоина после ремонта

Для сплошного выравнивания гравийные и щебеночные покрытия профилируют с добавлением нового материала до 500 м<sup>3</sup> на 1 км покрытия. Работу начинают с очистки покрытия от грязи, пыли и ремонта больших ям, просадок, глубоких выбоин и колеи, затем производят сплошную кировку ям и выбоин на полную глубину, распределяют материал, профилируют, увлажняют до оптимальной влажности и уплотняют. По щебеночному покрытию после уплотнения дополнительно рассыпают мелкий щебень в количестве 1...2 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup> покрытия.

При недостатке в гравии связующего материала следует вскирковать верхний слой и внести в него небольшую добавку суглинистого грунта (5...7%), а затем гравийный слой укатать во влажном состоянии с добавкой 30%-ного раствора хлорида кальция. Если при дожде поверхность гравийной дороги затягивается тонкой пленкой глинистого раствора, что указывает на избыток пылеватых и глинистых частиц, верхний слой также вскирковывают, добавляют до 3% гашеной извести и вновь уплотняют.

На дорогах с колеиным покрытием увеличивают или обновляют песчаную подушку, производят ремонт частично разрушившихся плит, замену дефектных плит, восстанавливают ровность. Участки дорог, имеющие промоины в подстилающем слое, уступы плит более 5 см, просветы под трехметровой рейкой более 30 мм, отклонения от требуемых поперечных и продольных уклонов более 5%, разницу в уровнях колесопроводов более 10 см, выбоины и сколы на плитах, подлежат среднему ремонту. Для этого снимают все плиты на участке, добавляют слой песка в основание, тщательно уплотняют виброкатком, после чего плиты вновь укладывают с заменой дефектных. После укладки плит и стыковых брусков заполняют межколеиное пространство и обочины песчаным грунтом до уровня поверхности плит, восстанавливают поперечный дренаж.

На асфальтобетонных покрытиях восстанавливают слой износа на участках, где наблюдается большое число трещин, шелушение, усиленный износ или выкрашивание покрытия. Эти работы выполняют с использованием терморемонтера ДЭ-233, с помощью которого разогревают покрытие горелками инфракрасного излучения, рыхлят его на глубину 50 мм, перераспределяют и планируют разрыхленный материал. При необходимости добавляют новую смесь без перемешивания или с перемешиванием со старой смесью.

К среднему ремонту относятся и работы по ремонту или замене поврежденных звеньев и оголовков железобетонных труб. Ремонт начинается с промывки внутренней части труб струей воды для выявления состояния стыков звеньев, ровности дна труб, наличия трещин и просадок отдельных звеньев. Все швы между звеньями трубы обмазывают двумя слоями битумной мастики. При

просачивании воды через швы между звеньями ремонтируют гидроизоляцию. Для этого вскрывают насыпь над дефектным участком трубы, заполняют шов паклей, пропитанной битумной мастикой. Снаружи шов перекрывают несколькими слоями рулонного водоизоляционного материала и обрабатывают битумной мастикой. Пустоты, образовавшиеся за трубой вследствие размыва грунта, заполняют песком или цементно-песчаной смесью под давлением.

**Ремонт деревянных мостов.** Причинами разрушения деревянных мостов является способность дерева к загниванию, растрескиванию, изнашиванию и смятию. Загнивание (рис. 9.12) поражает прежде всего увлажненные и плохо проветриваемые места, особенно места сопряжения дерева с металлом. Часто загнивают торцы поперечин и прогонов. Деревянные опоры и ледорезы загнивают в зонах переменного увлажнения и воздействия переменных температур. К механическим повреждениям относят трещины и сколы в местах врубок и сопряжений элементов.

В процессе эксплуатации деревянных мостов необходимо устранять возможность застоя воды. Для своевременного стекания воды

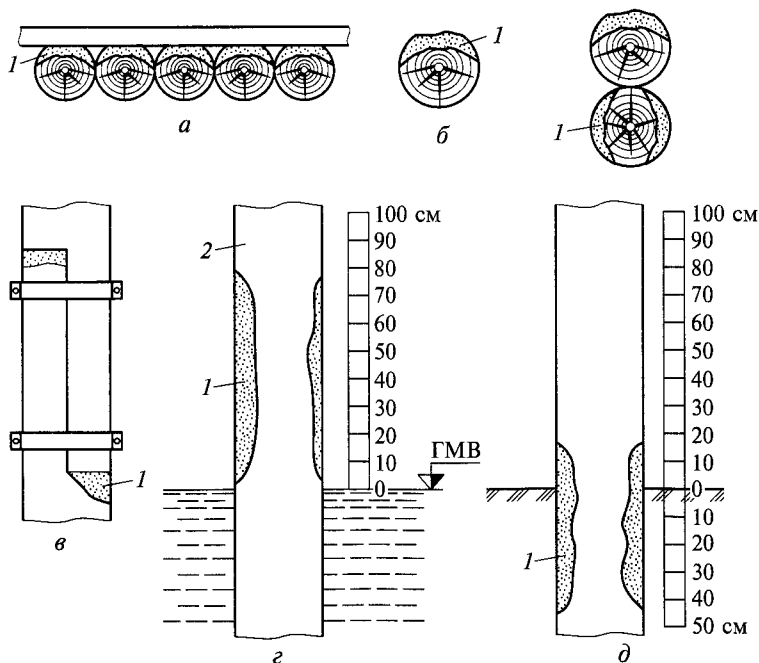


Рис. 9.12. Загнивание элементов деревянных свайных мостов:

а — поперечин; б — одно- и двухъярусных прогонов; в — свай в стыке; г — свай в воде; д — свай в земле; 1 — зона гниения; 2 — зона увлажнения



проезжая часть обязательно должна иметь поперечный уклон 20... 25 ‰. Не следует допускать скопления грязи, мусора на мосту, наноса ила и грязи во время паводка на опоры; кустарник, растущий вблизи моста, следует вырубать для улучшения проветривания.

Верхние доски двойного настила при износе более 2 см и доски одиночного настила при износе более 25 % их толщины необходимо заменять. Изношенные доски настила следует менять целиком, ставить заплатки на отдельные места не рекомендуется. Незначительно загнившие поперечины и прогоны необходимо очищать от гнили и антисептировать, а при потере прочности более 25 % они должны быть заменены. Болты и стяжки необходимо периодически подтягивать. Загнившие участки свай вырезают и заменяют вставкой. Ремонтируемую сваю выключают из работы, поддомкрачивая насадку около свай.

Ремонт деревянных мостов лучше производить в зимнее время со льда. Производят окраску, антисептирование и оштукатуривание элементов мостов, ремонт подпорных стен, защитных, укрепительных и регуляционных сооружений.

При среднем ремонте железобетонных мостов исправляют отдельные дефекты, не требующие подъема пролетных строений. Осмотром по подтекам ржавчины или извести выявляют трещины и заделывают их водоцементными смесями, цементными и полимерными растворами, краской и цементным тестом. При ремонте крупных трещин, сколов, раковин производят бетонирование.

При среднем ремонте производят ремонт, антисептирование, окраску дорожных знаков, указателей, ограждений, их замену, а при необходимости устанавливают дополнительные.

**Капитальный ремонт.** Капитальный ремонт является ремонтом дорожной одежды в целом и назначается, когда прочность дорожной одежды становится значительно ниже первоначальной, предусмотренной проектом. При капитальном ремонте повышают прочность дорожной одежды, совершенствуют конструкцию проезжей части, устраивают новые износостойкие, шероховатые покрытия, заменяют отдельные слои дорожной одежды, устраивают дренирующие и теплоизолирующие слои для улучшения водно-теплового режима и ликвидации возможности образования пучин.

При капитальном ремонте может производиться смягчение крутых уклонов, увеличение малых радиусов, уширение земляного полотна, спрямление извилистых участков, улучшение системы водоотвода, ремонт искусственных сооружений.

Повышают прочность и усовершенствуют дорожные одежды при капитальном ремонте различными способами:

- разборкой старой дорожной одежды и устройством новой;

- разборкой только покрытия с усилением основания и устройством нового, более совершенного покрытия;

- использованием старой дорожной одежды в качестве основания с устройством сверху нового слоя покрытия и слоя износа.

Капитальный ремонт выполняется на основании проекта и сметы. Если в связи с ростом объемов перевозок по дороге необходимо перевести ее в другую, более высокую категорию, назначается реконструкция дороги.

## **9.6. Особенности содержания и ремонта лесовозных узкоколейных железных дорог**

Железнодорожный путь подвергается воздействию динамических усилий от колес подвижного состава и находится под влиянием окружающей среды. Вертикальные воздействия колес вызывают изгиб и износ рельсов и накладок, просадки шпал и смятие балластного слоя и поверхности земляного полотна. Продольные горизонтальные силы вызывают угон рельсов, разрыв и изгиб стыковых болтов, продольные подвижки шпал, поперечные подвижки и нарушения устойчивости рельсовой колеи из-за продольного изгиба рельсошпальной решетки. Поперечные горизонтальные усилия нарушают размеры колеи, прямолинейность рельсов, отжимают наружные костыли, выдергивают внутренние костыли, перемещают шпалы в поперечном направлении. Климатические факторы вызывают гниение шпал, разжижение и размывание балласта, ослабляют несущую способность земляного полотна, приводят к пучинообразованию, снежным заносам.

В зависимости от характера износа и разрушения элементов пути необходимо проводить различные по сложности и виду ремонтные работы. Все дорожно-ремонтные работы подразделяют на содержание пути, текущий, подъемочный и капитальный ремонт. Работы по содержанию и текущему ремонту пути объединяют в одну группу — текущее содержание, которое заключается в обеспечении постоянной исправности пути. Основная задача текущего содержания пути — предотвращение и устранение причин его расстройств.

Правилами технической эксплуатации предусмотрены приемочные и эксплуатационные допуски в размерах элементов пути. При сдаче после постройки или капитального ремонта применяют приемочные нормативы. Эксплуатационные нормы применяют при текущем содержании пути. Превышение этих норм недопустимо, так как может привести к аварийным ситуациям.

Основные эксплуатационные нормы содержания пути следующие:

- уширение колеи — 6 мм; сужение — 2 мм;

- отвод уширения не должен превышать 2 мм на 1 м пути;
- отклонения от горизонтального уровня поверхности рельсовых нитей на прямых и от установленных норм возвышения наружного рельса на кривых должны составлять на магистральных путях не более 6 мм, а на усах — 15 мм; просадки рельсовой колеи — не более 6 мм в середине двухметровой рейки. На кривых участках отклонение в величине радиусов в пределах одной кривой должно быть не более 10 %.

Особо тщательного содержания требуют стрелочные переводы. В пути запрещается держать переводы, имеющие хотя бы одну из следующих неисправностей: разъединение стрелочных острияков, отставание острияка от рамного рельса более 3 мм, выкрашивание острияка, понижение острияка против рамного рельса более 2 мм, излом острияка или рамного рельса, излом крестовины, разрыв хотя бы одного контррельсового болта. Не допускается эксплуатация стрелочного перевода, если расстояние между рабочим кантом сердечника крестовины и рабочей поверхностью контррельса менее 716 мм, а расстояние между рабочими гранями контррельса и усовика более 680 мм. При превышении норм эксплуатационных допусков путь должен немедленно перешиваться.

Для оценки состояния пути применяют стандартные приборы. Для измерения ширины колеи используют путевые шаблоны, путеизмерительные тележки, для измерения зазоров в стыках используют зазорники. Плавность рельсовых нитей проверяют геодезическими инструментами или визирками.

На основании осмотра пути составляют план и график путевых работ. В первую очередь выполняют неотложные работы по устранению неисправностей, а затем предупредительные работы.

В весенний период вскрывают кюветы и русла у мостов и труб, очищают балластную призму от мусора, грязи, остатков снега, приводят в порядок водоотводные сооружения.

В летнее время подтягивают болты, укрепляют костыли и клинья противоугонов, исправляют балластную призму и обочины земляного полотна, очищают кюветы, устраняют перекосы и просадки пути. У стрелочных переводов смазывают все болты, добивают и заменяют негодные костыли; исправляют разработанные отверстия в тягах, выправляют стрелочные закладки и укрепляют их; исправляют ширину колеи и желобов; проверяют и устанавливают по ординатам переводные кривые и кривые за крестовинами стрелочных переводов.

Основными работами в осеннее время являются работы по подготовке к зиме. Проверяют габариты пути для работы снегоочистителей, устанавливают колья для снегозащитных щитов, производят сплошную выправку пути, рихтовку, подбивку шпал, закрывают отверстия малых водопропускных сооружений, устанавливают вешки по осям водоотводных канав.

В зимнее время основной работой является своевременная снегоочистка, перестановка шитов снегозащитных изгородей, очистка и осмотр рельсов и их креплений, исправление пути в местах образования пучин и просадок.

В летнее время проводится подъемочный ремонт пути, который назначается для исправления балластной призмы, сплошной выправки пути и подбивки шпал, для устранения угона пути и замены более 10 % шпал, замены дефектных рельсов и креплений, срезки и частичной замены загрязненной корки балласта, устранения выплесков, выправки местных просадок, сплошной рихтовки пути с выправкой кривых, планировки обочин, отделки балластной призмы и трамбовки балласта в шпальных ящиках.

Ремонт пути следует проводить, как правило, без перерыва движения и без снижения скорости движения поездов при обеспечении полной безопасности. Запрещается приступать к ремонтным работам до ограждения сигналами мест их выполнения. В путевом листе машинисту выдается предупреждение о местах проведения путевых работ.

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы требования, предъявляемые к лесовозным дорогам?
2. Что включает в себя комплекс работ по эксплуатации лесовозных дорог?
3. На какие виды подразделяют дорожно-ремонтные работы?
4. Дайте характеристику основным подсистемам эксплуатации лесовозной дороги.
5. Перечислите основные эксплуатационные показатели автомобильных дорог.
6. Что называют надежностью дорожной конструкции?
7. Каковы основные деформации земляного полотна, дорожной одежды, водопропускных сооружений?
8. Какие мероприятия улучшают водно-тепловой режим земляного полотна?
9. Как определяют потребность в рабочей силе на содержание и ремонт лесовозной дороги?
10. Какие мероприятия необходимы для устранения пучин на дорогах?
11. Что представляют собой наледи на дорогах и как предупредить их возникновение?
12. Каковы основные требования к ледяным переправам?
13. Каковы основные мероприятия по борьбе с пылеобразованием на дорогах?
14. Как организуют борьбу со снежными заносами и гололедом на дорогах?
15. Каковы основные виды работ по текущему, среднему и капитальному ремонту дороги?
16. В чем состоят особенности содержания лесовозных УЖД по сезонам года?

**ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫВОЗКИ ДРЕВЕСИНЫ****10.1. Определение потребного количества перевозочных средств**

Для вывозки древесины как технологической фазы лесозаготовительного процесса необходима организационная структура, которая может быть различной. Наиболее часто в лесозаготовительных предприятиях создают лесотранспортные цеха, конкретный состав которых определяется объемом работ и местными условиями. Для обеспечения лесотранспортного процесса необходим ряд структурных подразделений: дорожно-строительная служба, служба текущего содержания и ремонта лесовозных дорог и дорожных сооружений, служба текущего содержания и ремонта подвижного состава и погрузочно-разгрузочных механизмов, диспетчерская служба.

Основными эксплуатационными показателями работы лесотранспортного цеха являются производительность лесовозных поездов, удельные затраты труда на вывозке, себестоимость вывозки.

Эксплуатационной производительностью лесовозного тягача называют количество кубических метров древесины, вывезенное тягачом в единицу времени — год, квартал, месяц, сутки, смену.

Сменная производительность  $P_{см}$  определяется по формуле

$$P_{см} = nQ_{пол}, \quad (10.1)$$

где  $n$  — число рейсов в смену;  $Q_{пол}$  — объем полезной нагрузки на автопоезд, м<sup>3</sup>.

При определении объема полезной нагрузки на автопоезд следует учесть, что при вывозке мелкой древесины не всегда удастся полностью использовать паспортную грузоподъемность подвижного состава. Объем древесины, размещаемой в пределах полезной площади габарита переднего коника автомобиля, зависит от среднего объема хлыста.

Зависимость объема древесины, размещаемой в пределах полезной площади переднего коника, от среднего объема хлыста приведена на рис. 10.1.



Рис. 10.1. Зависимость объема древесины, размещаемой в пределах полезной площади переднего коника, от среднего объема хлыста

Число рейсов в смену можно определить по формуле

$$n = \frac{(T - t_{п-з})k_b}{120 \left( \frac{l_M}{v_M} + \frac{l_B}{v_B} + \frac{l_{yc}}{v_{yc}} \right) + T_1 + T_2}, \quad (10.2)$$

где  $T$  — продолжительность рабочей смены, мин;  $t_{п-з}$  — подготовительно-заключительное время на смену (20 мин для автомобилей с карбюраторными двигателями, 30 мин — с дизелями);  $k_b$  — коэффициент использования рабочего времени  $k_b = 0,85 \dots 0,9$ ;  $l_M$ ,  $l_B$ ,  $l_{yc}$  — протяжение участков соответственно магистрали, ветки и уса, км;  $v_M$ ,  $v_B$ ,  $v_{yc}$  — среднетехнические скорости движения на этих участках, км/ч;  $T_1$  и  $T_2$  — время пребывания на погрузочном пункте и на разгрузке, мин.

Время пребывания автопоездов на погрузочном пункте определяется по формуле

$$T_1 = t_0 + t_1 Q_{пол}, \quad (10.3)$$

где  $t_0$  — время на установку автопоезда под погрузку и ожидание погрузки;  $t_1$  — время на погрузку 1 м³ груза, мин (при погрузке челюстными погрузчиками — 1,2 мин, при погрузке кабельными или козловыми кранами — 0,5 мин, при погрузке автомобильными кранами — 1,8 мин, при погрузке манипуляторами — 2,2 мин);  $Q_{пол}$  — объем полезной нагрузки на автопоезд, м³.

Время пребывания на нижнем складе (пункте разгрузки) определяется по формуле

$$T_2 = t'_0 + t'_1, \quad (10.4)$$

где  $t'_0$  — время на установку автопоезда под разгрузку, мин;  $t'_1$  — время разгрузки автопоезда (при использовании кабельных или козловых кранов  $t'_1 = 10$  мин, при разгрузке в несколько приемов на каждый прием  $t'_1 = 5$  мин).

При выполнении расчетов для оперативного планирования число рейсов, полученное по формуле (10.2), округляется до целого числа. По производительности определяется число перевозочных средств.

*Рабочий парк автомобилей*, которые необходимо ежедневно выпускать на линию для вывозки древесины, определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{раб}} = \frac{Q_{\text{пл}} k_{\text{н}}}{m \text{АП}_{\text{см}}}, \quad (10.5)$$

где  $Q_{\text{пл}}$  — плановый объем вывозки за планируемый период (год, сезон, месяц);  $k_{\text{н}}$  — коэффициент неравномерности работы дороги,  $k_{\text{н}} = 1,1 \dots 1,2$ ;  $m$  — число смен работы на вывозке в сутки;  $\text{А}$  — число рабочих дней в плановом периоде;  $\text{П}_{\text{см}}$  — сменная производительность автопоезда,  $\text{м}^3$ .

*Инвентарный парк автомобилей* определяют по формуле

$$N_{\text{инв}} = (N_{\text{раб}}/k_{\text{т.г}}) + 0,17N_{\text{раб}}, \quad (10.6)$$

где  $N_{\text{инв}}$  — число лесовозных автомобилей, которое необходимо иметь в гараже;  $k_{\text{т.г}}$  — коэффициент технической готовности автомобилей (при работе в одну смену  $k_{\text{т.г}} = 0,85$ ; при работе в две смены  $k_{\text{т.г}} = 0,8$ ; при работе в три смены  $k_{\text{т.г}} = 0,75$ );  $0,17$  — коэффициент, учитывающий наличие резервных автомобилей.

*Число прицепного состава* определяется по формуле

$$N_{\text{пр}} = N_{\text{раб}} n z / k_{\text{р}}, \quad (10.7)$$

где  $N_{\text{пр}}$  — потребное число прицепного состава;  $n$  — число прицепного состава в одном автопоезде;  $z$  — число сменных прицепных составов на один автомобиль-тягач;  $k_{\text{р}}$  — коэффициент, учитывающий прицепной состав в ремонте,  $k_{\text{р}} = 0,85 \dots 0,9$ .

*Годовая потребность в моторном топливе*, кг, для вывозки древесины может быть определена по формуле

$$Q_{\text{гор}} = \left[ (q_1 + q_2 Q_{\text{пр}}) \frac{L_0}{100} + q_2 \frac{R_0}{100} \right] \rho_{\text{т}} k_1 k_2 k_3, \quad (10.8)$$

где  $q_1$  — норма расхода топлива на 100 км пробега, л;  $q_2$  — норма расхода топлива на каждые 100 т · км грузовой работы, л;  $Q_{\text{пр}}$  — масса прицепного состава без груза, т;  $L_0$  — общий пробег лесовозных автопоездов за год, км;  $R_0$  — грузовая работа дороги, т · км/год;  $\rho_{\text{т}}$  — плотность топлива, кг/л;  $k_1$  — расход топлива на гаражные нужды,  $k_1 = 1,01$ ;  $k_2$  — коэффициент, учитывающий дополнительный расход топлива при вывозке по усам и при работе

в зимнее время,  $k_2 = 1,05 \dots 1,08$ ;  $k_3$  — коэффициент, учитывающий дополнительный расход топлива при вывозке деревьев,  $k_3 = 1,11 \dots 1,25$ .

Общий пробег лесовозных автопоездов за год

$$L_o = (2l_{\text{ср}} + l_{\text{н}}) \frac{Q_{\text{г}}}{Q_{\text{пол}}}, \quad (10.9)$$

где  $l_{\text{ср}}$  — средний пробег за один рейс;  $l_{\text{н}}$  — дополнительный (нулевой) пробег за один рейс на нижнем складе, погрузочном пункте, в гараже, на заправку и т. п.

Потребность в смазочных материалах определяется в процентах от топлива: автол — 3,5 % от расхода бензина; дизельное масло — 5 % от расхода дизельного топлива; нигрол — 1,0 %, солидол — 1,5 %, керосин — 1,5 % от всего расхода топлива.

Общая годовая потребность в авторезине определяется исходя из общего пробега шин за год и нормы пробега шин до полного износа.

## 10.2. Определение оптимального запаса древесины на погрузочном пункте

Для обеспечения эффективной работы транспортного цеха на вывозке древесины необходимо стремиться к уменьшению простоев транспортных средств в пунктах погрузки-разгрузки. Учитывая неравномерность по времени поступления древесины на верхних складах, возможные простои транспортных и погрузочных средств, на погрузочных пунктах лесовозных дорог создаются запасы древесины. Запасы древесины в производственном процессе лесозаготовительных предприятий разделяют на два вида.

*Оперативные запасы* на погрузочных площадках на лесосеках создаются для обеспечения бесперебойной работы на погрузке и вывозке, а на нижних складах — для исключения перерывов в работе склада при случайных или плановых снижениях объемов вывозки.

Особенностью лесной отрасли является необходимость создания *сезонных запасов* для обеспечения вывозки при остановке лесосечных работ по климатическим условиям; на нижних складах — для обеспечения работы склада во время распутицы.

При недостаточной величине запасов возможны простои оборудования, а при излишних запасах — дополнительные трудозатраты и возможная потеря качества древесины при хранении.

Задачей рациональной организации вывозки древесины является обоснование объемов древесины для размещения оперативных и сезонных запасов на каждой лесосеке. Объемы и располо-



жение штабелей должны быть такими, чтобы обеспечить, с одной стороны, эффективную работу трелевочных механизмов, с другой — погрузку и вывозку древесины.

Оперативные и сезонные запасы хлыстов и сортиментов создают в штабелях. Оперативные запасы вырабатывают по мере их создания, а сезонные запасы, создаваемые в летнее время, вывозят зимой по зимним дорогам. При создании запасов штабеля целесообразно укладывать у лесовозных дорог на расстоянии между ними так, чтобы обеспечить укладку всей заготовленной на делянке древесины.

Расстояние между штабелями  $L$ , м, зависит от запасов ликвидной древесины на 1 га, от ширины лесосеки и определяется по формуле

$$L = \frac{Bhlk_d \cdot 10^4}{aq_d}, \quad (10.10)$$

где  $B$  — ширина штабеля, м;  $h$  — высота штабеля, м;  $l$  — длина (глубина) штабеля, м;  $k_d$  — коэффициент полндревесности штабеля;  $a$  — ширина лесосеки, м;  $q_d$  — средний ликвидный запас на единицу площади лесосеки, м<sup>3</sup>/га.

Сезонные запасы, как правило, создают на лесосеках летом у лесовозных дорог зимнего действия, на нижних складах или на промежуточных складах. Объемы сезонных запасов определяются объемами лесосек, тяготеющих к зимним дорогам, а на нижних складах — продолжительностью перерывов в вывозке в период распутицы.

Объем запаса древесины у лесовозной дороги определяется произведением сменного объема трелевки на число смен разработки соответствующей лесосеки, с другой стороны, произведением сменного объема вывозки на число смен на вывозке по зимней дороге.

Объем сезонного запаса древесины на нижнем складе определяется сменным объемом работы склада и продолжительностью сезонного перерыва вывозки в сменах.

Объемы оперативных запасов на лесосеках определяются условиями организации вывозки древесины.

Запас древесины на погрузочном пункте требуется в том случае, когда сменный объем вывозки больше сменного объема трелевки. Но даже при равенстве сменных объемов работ запасы требуются в связи со случайными отклонениями фактической производительности работающих механизмов. Исследованиями установлено, что фактические производительности подчиняются закону нормального распределения. В этом случае для исключения простоя автопоездов по причине отсутствия древесины на погрузочном пункте необходимо иметь оперативный запас  $Q_3$ , определяемый по формулам:

с вероятностью 68,3 %

$$Q_3 = (Q_B + \sigma_B) - (Q_T - \sigma_T) = (Q_B - Q_T) + (\sigma_B + \sigma_T);$$

с вероятностью 95,4 %

$$Q_3 = (Q_B - Q_T) + 2(\sigma_B + \sigma_T);$$

с вероятностью 99,7 %

$$Q_3 = (Q_B - Q_T) + 3(\sigma_B + \sigma_T), \quad (10.11)$$

где  $Q_B$  — сменная производительность автопоездов на вывозке, м<sup>3</sup>;  $Q_T$  — сменная производительность трелевочных средств, м<sup>3</sup>;  $\sigma_B$  и  $\sigma_T$  — соответствующие среднеквадратичные отклонения производительности.

В общем случае запас для исключения простоя автопоездов с вероятностью  $P$  должен быть равным

$$Q_3 = (Q_B - Q_T) + \Delta(\sigma_B + \sigma_T), \quad (10.12)$$

где  $\Delta$  — величина отклонения фактического объема работ от среднего в долях  $\sigma$ , соответствующая вероятности  $P$ .

При одинаковой сменной производительности трелевки и вывозки формулу (10.12) можно представить в следующем виде:

$$Q_3 = \Delta(\sigma_B + \sigma_T). \quad (10.13)$$

Для исключения простоев автопоездов на вывозке необходимо на начало вывозки иметь на погрузочном пункте запас, определяемый по формуле (10.12).

### 10.3. Организация движения лесовозных поездов

В зависимости от производственных условий и числа транспортных средств вывозка может быть организована по различным схемам. Для более рационального использования транспортных средств вывозку целесообразно организовать в две или три смены, тогда за одним автомобилем закрепляют соответственно два или три водителя.

Для организации эффективной вывозки древесины необходимо для каждой последующей смены заранее знать объем древесины  $Q_i$ , подлежащий вывозке с каждого погрузочного пункта. Зная полезную рейсовую нагрузку автопоезда  $Q_{\text{пол}}$ , определяют число рейсов с каждого погрузочного пункта  $r_i = Q_i / Q_{\text{пол}}$ . Число автопоездов, направляемых на каждый погрузочный пункт, определяется потребным числом рейсов и числом рейсов, которое может выполнить каждый автопоезд. Число рейсов за смену зависит от расстояния вывозки и скорости движения, определяемого состо-

янием дороги, простоями под погрузкой и разгрузкой, и рассчитывается по формуле (10.2).

При расчете по этой формуле не учитывают потери времени от несогласованности в работе транспорта и погрузочных средств. Несогласованность приводит к образованию очередей в ожидании погрузки. Продолжительность рейса увеличивается, а следовательно, увеличивается потребность в транспортных средствах.

Учесть потери времени можно, используя при расчетах методы теории массового обслуживания.

Время простоя транспортных средств в ожидании погрузки зависит от закона распределения случайных величин: прибытия автопоездов под погрузку и выгрузку и работы погрузчиков. Исследованиями установлено, что распределение числа транспортных средств, прибывающих под погрузку, близко к пуассоновскому. Погрузочно-разгрузочные механизмы чаще имеют нормальное или показательное распределение времени обслуживания.

Коэффициент загрузки системы автопоезд— погрузочный пункт по времени выражается зависимостью

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (10.14)$$

где  $\psi$  — коэффициент загрузки системы;  $\lambda$  — интенсивность прибытия автопоездов на погрузочный пункт;  $\mu$  — интенсивность обслуживания автопоездов.

С учетом этого полное время рейса увеличивается на время ожидания в очереди  $\bar{t}_0$ , которое определяется по формуле

$$\bar{t}_0 = \frac{1}{\mu} \frac{\psi}{(1-\psi)}. \quad (10.15)$$

С учетом этого уточнения формула (10.3) примет вид

$$T_1 = t_0^1 + \frac{1}{\mu} \frac{\psi}{(1-\psi)} + t_1 Q_{\text{пол}}, \quad (10.16)$$

где  $t_0^1$  — время на установку автопоезда под погрузку.

Интенсивность загрузки системы  $\psi$  зависит от степени загрузки как автопоезда, так и погрузчика. При определении степени загрузки системы следует учитывать сумму возможных убытков из-за простоя погрузчиков и автопоездов. Принимая за критерий сумму потерь от простоев, суммарные потери при одном погрузчике составят

$$C_0 = C_{0\text{п}} + C_{0\text{а}}, \quad (10.17)$$

где  $C_0$  — суммарные потери от простоя, руб./смена;  $C_{0\text{п}}$  — стоимость простоя погрузчика, руб./смена,  $C_{0\text{п}} = P_0 C_{\text{п}}$ ;  $P_0$  — вероят-

ность простоя погрузчика, руб./смена;  $C_{\text{п}}$  — стоимость машиносмены погрузчика;  $C_{0\text{а}}$  — стоимость простоя автопоезда, руб./смена,  $C_{0\text{а}} = \bar{n}_0 C_{\text{а}}$ ;  $\bar{n}_0$  — среднее число автомобилей в очереди;  $C_{\text{а}}$  — стоимость машиносмены автопоезда, руб./смена.

При показательном распределении

$$P_0 = 1 - \psi, \text{ а } \bar{n}_0 = \frac{\psi^2}{1 - \psi}. \quad (10.18)$$

Подставляя значения  $\bar{n}_0$  и  $P_0$ , потери можно записать в виде

$$C_{0\text{п}} = (1 - \psi) C_{\text{п}}; \quad (10.19)$$

$$C_{0\text{а}} = \frac{\psi^2}{1 - \psi} C_{\text{а}}. \quad (10.20)$$

Тогда функция потерь

$$(1 - \psi) C_{\text{п}} + \frac{\psi^2}{1 - \psi} C_{\text{а}} \rightarrow \min, \quad (10.21)$$

откуда получаем оптимальное значение коэффициента загрузки при одном погрузчике:

$$\psi_{\text{опт}} = 1 - \sqrt{\frac{C_{\text{а}}}{C_{\text{а}} + C_{\text{п}}}}; \quad (10.22)$$

при двух погрузчиках (не закрепляя автопоезда за погрузчиками)

$$\psi_{\text{опт}} = 2 \frac{3 \left( 1 - \sqrt{1 + \frac{8n}{9}} \right) + 2n}{1 + n}, \quad (10.23)$$

где  $n = C_{\text{п}}/C_{\text{а}}$ .

Оптимальное число автопоездов, которое можно направить к погрузчикам:

$$N_{\text{р}} = t_{\text{р}} \mu \psi_{\text{опт}}, \quad (10.24)$$

где  $t_{\text{р}}$  — время, затрачиваемое на один рейс с учетом времени ожидания обслуживания, мин.

При вывозке древесины с небольших рассредоточенных лесосек выгоднее использовать автопоезда, оборудованные гидроманипуляторами. Экономическая целесообразность применения та-

ких автопоездов определяется сравнением затрат на вывозку. Условие применения можно представить в виде неравенства

$$Q_{\text{см}} \frac{C_{\text{а.м}}}{\Pi_{\text{а.м}}} \leq Q_{\text{см}} \frac{C_{\text{а}}}{\Pi_{\text{а}}} + C_{\text{п}}, \quad (10.25)$$

где  $Q_{\text{см}}$  — сменный объем вывозки с погрузочного пункта,  $\text{м}^3$ ;  $C_{\text{а.м}}$ ,  $C_{\text{а}}$ ,  $C_{\text{п}}$  — стоимость машиносмены соответственно автопоезда с манипулятором, автопоезда без манипулятора, погрузчика, руб./смена;  $\Pi_{\text{а.м}}$ ,  $\Pi_{\text{а}}$  — сменная производительность соответственно автопоезда с манипулятором и автопоезда без манипулятора,  $\text{м}^3$ .

Из этой формулы получим выражение для расчета предельного объема вывозки древесины, при котором еще выгодно использовать автопоезд с манипулятором:

$$Q_{\text{см}} = \frac{C_{\text{п}}}{\frac{C_{\text{а.м}}}{\Pi_{\text{а.м}}} - \frac{C_{\text{а}}}{\Pi_{\text{а}}}}. \quad (10.26)$$

При больших объемах выгоднее использовать отдельные погрузочные устройства.

## 10.4. Управление движением лесовозных поездов

Работа лесовозных дорог организуется в соответствии с действующими Правилами технической эксплуатации (ПТЭ) лесовозных автомобильных и узкоколейных железных дорог. Правила технической эксплуатации определяют систему организации движения поездов, содержание путевых устройств и порядок работы дорожных рабочих, обеспечивающих содержание лесовозных дорог в исправном состоянии и безопасность движения.

В Правилах технической эксплуатации изложены:

- общие принципы организации транспорта древесины;
- состав и периодичность работ;
- организация дорожной службы;
- техническое оснащение для содержания и ремонта пути и постройки усов;
  - порядок приемки и технического контроля дорожных работ;
  - мероприятия и состав работ по содержанию и ремонту основных путей, устройству и содержанию временных дорог;
  - требования к тяговому и прицепному составу и их содержанию.

Для лесовозных железных дорог в ПТЭ, кроме того, приведены специфические требования и правила, отражающие особен-

ности железных дорог, такие как нормы содержания пути, габариты подвижного состава и приближения строений, виды и правила сигнализации, централизации и блокировки.

Движение поездов организуется по заранее составленному расписанию в виде *суточного графика движения поездов*, который вычерчивается на специальной сетке в координатах времени (горизонтальная ось) и пути (вертикальная ось). На графике движения каждая горизонтальная линия соответствует положению погрузочного пункта. Координаты местоположения поезда изменяются во время движения, поэтому движение автопоездов на графике изображается наклонными линиями. Тангенс угла наклона этих линий к горизонтальной оси в принятом масштабе представляет собой скорость движения поезда на соответствующем участке дороги (рис. 10.2).

На двухпутных дорогах встречные поезда могут разъехаться в любом месте, а на однопутных — только на разъездах. Отличительной особенностью лесовозных дорог является то, что вывозка

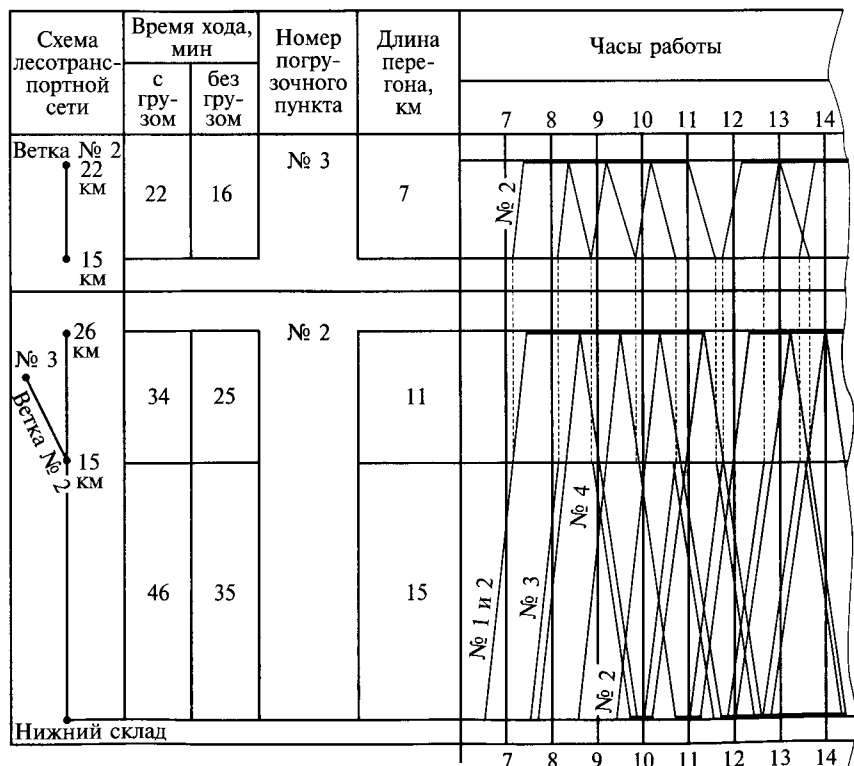


Рис. 10.2. График движения поездов:

№ 1—4 — номера поездов

древесины, как правило, одновременно осуществляется с нескольких погрузочных пунктов, расположенных на разных ветках. В связи с этим на графике движения движение по каждой ветке показывается на отдельной полосе.

Предварительно составленный график движения поездов называется *директивным*, а график, выполненный за каждые сутки, — *исполненным*. Движение поездов организуется так, чтобы директивный и исполненный графики совпадали.

График движения может быть:

- *парным*, если число поездов одного направления равно числу поездов обратного направления; если это равенство не соблюдается — график называется *непарным*; на лесовозных дорогах, как правило, графики движения парные;

- *параллельным*, когда скорости движения всех поездов одного направления одинаковы; когда поезда следуют с разными скоростями — *непараллельным*;

- *пакетным*, если на одном перегоне одновременно следует несколько поездов.

Число одновременно работающих погрузочных пунктов  $m$  определяется по формуле

$$m = \frac{Q_{\text{сут}}}{zq_{\text{пог}}},$$

где  $Q_{\text{сут}}$  — суточный объем погрузки,  $\text{м}^3$ ;  $z$  — число смен работы погрузчика;  $q_{\text{пог}}$  — средняя производительность погрузчика в смену,  $\text{м}^3$ .

При составлении графика необходимо учитывать, что каждый автомобиль должен делать целое число рейсов. Продолжительность смены водителя может быть увеличена или укорочена, но укороченные и удлиненные смены должны чередоваться так, чтобы в течение месяца было отработано установленное число часов.

Автопоезда выпускают на линию по ступенчатому графику так, чтобы на погрузочный пункт они прибывали через отрезки времени, соответствующие времени погрузки одного автопоезда.

При составлении графика движения поездов необходимо обеспечить взаимную увязку движения поездов с работой погрузчиков и с лесосечными работами. График движения позволяет уточнить потребную фактическую численность тягового и прицепного состава; составить графики погрузки, разгрузки и разделки древесины; составить графики работы гаража, депо, мастерских; регулировать движение поездов и работу водителей и поездных бригад; составить отчеты о работе дороги и наметить мероприятия по улучшению работы дороги и взаимоувязки работы смежных фаз лесопромышленного предприятия.

Для управления движением автопоездов на лесовозных дорогах организуется диспетчерская служба. Обязанность дежурного

диспетчера заключается в обеспечении централизованного непрерывного контроля и оперативного руководства эксплуатационной работой лесовозных дорог, выполнении установленного задания по вывозке древесины. Для обеспечения оперативного руководства движением поездов, регулирования работы всех звеньев производственного аппарата, обслуживающего лесовозную дорогу, для руководства работой всех фаз производства и для принятия оперативных мер диспетчерская служба должна иметь надежную связь.

Эффективным направлением повышения производительности на вывозке древесины является совершенствование методов и технических средств оперативного управления погрузочно-транспортным процессом. Снижение простоев оборудования за счет оперативного управления позволяет повысить производительность на погрузке и вывозке древесины до 25 %.

В ОАО «КарНИИЛП» создана автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления автомобильным транспортом — АСОДУ «Транслес». Система предназначена для оперативного планирования, учета и управления вывозкой древесины в течение суток. Процесс оперативного управления осуществляется в несколько этапов.

На *первом этапе* определяется оптимальное число погрузочно- и транспортного оборудования и составляется план погрузочно-транспортных операций в виде графика работ по погрузке и вывозке на сутки.

На *втором этапе* осуществляется постоянный контроль за состоянием погрузочно-транспортного процесса и регулирование работы лесовозных автопоездов, а также учет временных и объемных показателей работы на погрузке и вывозке.

На *третьем этапе* осуществляется анализ работы за истекшие сутки с подведением итогов работы каждого автопоезда, погрузочного механизма и транспортного цеха в целом.

В начале смены в пункте управления каждому водителю выдают путевой лист с указанием адреса погрузки и времени отправления в рейс. Сведения о направлении автопоезда и изменения, полученные по радиосвязи, вводят в устройство информации. По прибытии с грузом на пункте управления регистрируют время прибытия, определяют объемные показатели за рейс, заполняют акт приемки древесины и назначают адрес разгрузки.

Все машины и механизмы при системе «Транслес» должны быть оснащены средствами связи.

Для управления транспортными процессами в ряде стран на различных производствах используют *информационные технологии на базе спутниковых навигационных систем*. Крупнейшей навигационной системой является система GPS (Global Positioning System) — спутниковая радионавигационная система, включаю-



щая в себя 24 навигационных спутника и охватывающая всю земную поверхность. Эта система принадлежит США, но на основе международного принципа «свободного неба» с 1990-х гг. используется в мирных целях всеми странами бесплатно. В настоящее время Россия заканчивает создание аналогичной системы ГЛОНАСС. Первые опыты по использованию информационной системы для контроля работы автопарка и управления транспортно-технологическими процессами на базе приборов GPS/GSM в лесном комплексе России были начаты в ООО «Пим» — филиале кафедры сухопутного транспорта леса СПбГЛТА в Ленинградской области.

Система включает в себя бортовое оборудование, установленное на транспортных средствах, аппаратное средство «Диспетчерский пульт» и программное обеспечение. Бортовое оборудование, установленное на щитке приборов лесовозного автомобиля, представляет собой прибор, включающий в себя GPS-приемник, GSM-передатчик, источник автономного питания, запоминающее устройство и электронную схему, размещенные в ударопрочном опломбированном корпусе.

Спутниковая система слежения за подвижными объектами предназначена для определения координат местоположения, анализа состояния и режимов работы основных систем транспортного средства и навесного оборудования, обеспечения безопасности и активации исполнительного устройства. Координаты транспортного средства определяются системой посредством встроенного GPS-приемника от радионавигационных спутников с высокой точностью в любую погоду и записываются в энергонезависимую память прибора (рис. 10.3). Таким образом, весь маршрут движения транспортного средства записывается в электронную память и фиксируется на электронной карте. Одновременно прибор фиксирует показания цифровых и аналоговых датчиков, установленных на основных агрегатах транспортного средства. Показания датчиков фиксируются одновременно с определением координат, таким образом, состояние датчиков привязывается к местоположению транспортного средства и времени. Датчики фиксируют скорость движения, давление масла, температуру охлаждающей жидкости, расход топлива и другие параметры, которые определяют как состояние агрегатов транспортного средства, так и действия водителя (рис. 10.4).

Удаленная связь «Диспетчерского пульта» с бортовыми приборами осуществляется посредством сетей мобильной телефонной связи стандарта GSM 900/1800. «Диспетчерский пульт» укомплектован мобильным модемом, что позволяет сократить затраты на использование телефонных линий и повышает качество и оперативность передачи телеметрической информации. По возвращении лесовозного поезда на контрольный пункт вся телеметрическая информация передается на диспетчерский пульт.

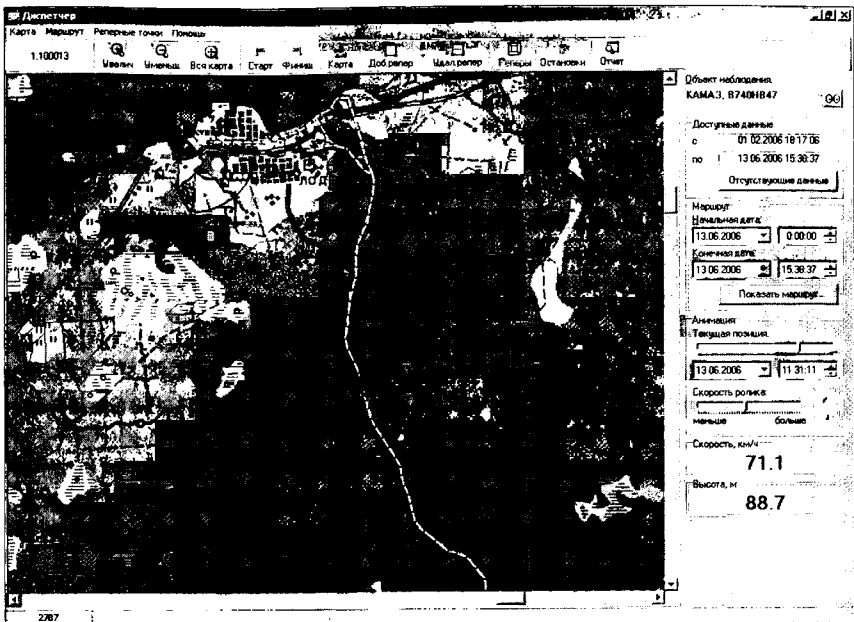


Рис. 10.3. Фрагмент работы программы «Диспетчер»

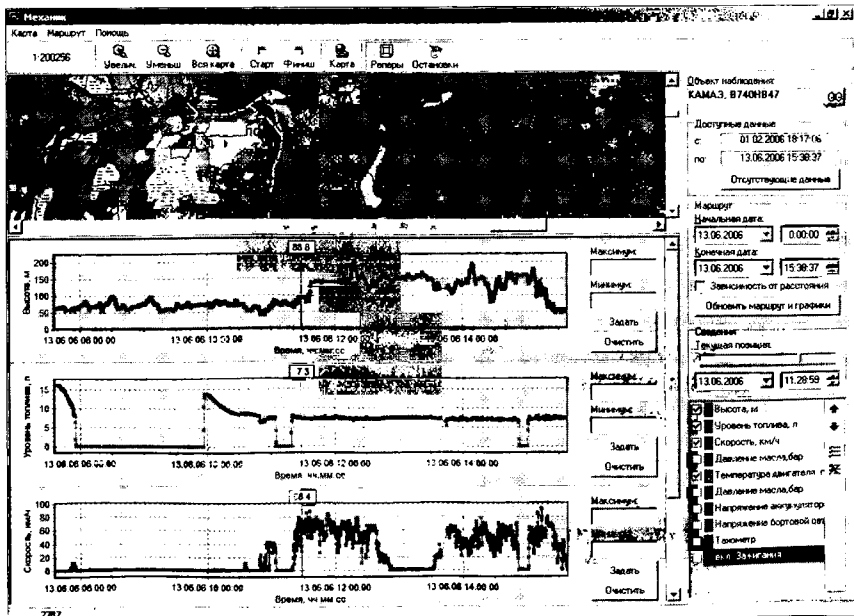


Рис. 10.4. Фрагмент работы программы «Механик»

Программное средство записывает всю информацию в специальную программу для дальнейшего анализа и формирования фактического отчета о работе автомобиля, навесного оборудования и систем автомобиля. Программное средство позволяет автоматически формировать путевые листы, составлять отчеты о выполненной работе, расходе топлива, выполнении погрузочно-разгрузочных работ и т. д. Это мощный источник информации для принятия решений по управлению транспортным процессом. В последнее время такие системы контроля и управления находят все большее распространение в лесной отрасли.

## **10.5. Учет психофизиологических особенностей водителей при организации вывозки древесины**

Большое значение для успешной организации вывозки древесины имеет правильный учет психофизиологических свойств, особенностей и возможностей человека в его взаимодействии с автомобилем и дорогой. Свойства человека нельзя описать также точно, как возможности машины. Свойства человека определяются такими понятиями, как внимание, эмоциональность, утомляемость и т. д. При этом эти свойства различны у разных индивидуумов и изменяются у одного и того же индивидуума в различных обстоятельствах по-разному. Свойства, возможности и особенности человека можно рассматривать с различных сторон — профессиональной, социологической, психофизиологической.

*Профессиональные качества водителя*, оцениваемые его квалификацией и опытом, проявляются в техническом уровне текущего содержания автомобиля, в умении выбрать оптимальный режим движения по дороге с учетом реальной дорожной ситуации, быстроте и правильности реакции на изменения условий движения. Чем выше квалификация водителя, чем глубже и устойчивее его знания автомобиля, режимов и правил движения, тем меньше вероятность у него дорожно-транспортных происшествий, аварий, тем выше производительность его труда. Отсюда вытекает требование организации постоянной технической учебы и повышения квалификации. Показателем оценки квалификации водителя, но не вполне исчерпывающим, является стаж работы, особенно на вывозке древесины по лесовозным дорогам.

*Социологическая сторона* проблемы оценки индивидуальных качеств водителей, хотя и не является вполне определенной, но должна учитываться менеджерами по персоналу. Статистическими исследованиями установлено, что водители, ведущие нормальный образ жизни, имеющие семью, детей, работают устойчивее, производительнее и реже попадают в дорожно-транспортные про-

исшествия. Молодые водители совершают аварии в 1,7 раза чаще, а водители с аморальным образом жизни — в 3 раза чаще.

Социальные особенности водителей, их культурный и интеллектуальный уровень прямо связан с дисциплинированностью. Дисциплинированность на дороге, соблюдение правил движения являются основой безаварийной высокопроизводительной работы на вывозке древесины.

В процессе управления автомобилем водитель получает большой объем информации о дорожной обстановке, должен быстро ее оценивать и быстро принимать адекватные решения по управлению автопоездом. В сложных, быстро изменяющихся условиях принятие оптимальных решений доступно людям с высоким уровнем психологических качеств.

Под *психологией человека* понимается совокупность его свойств отражения действительности в его ощущениях, восприятиях, памяти, чувствах, воле, мышлении и свойств физиологических, обусловленных закономерностями жизнедеятельности и функций организма человека в целом и отдельных его частей, закономерностями связей между ними и приспособляемости к условиям окружающей среды.

К *физиологическим качествам*, которыми должен в достаточной мере обладать водитель, относят зрительные, слуховые, мышечно-двигательные, кожные и вестибулярные ощущения, которые проверяют медицинские комиссии перед выдачей водительских удостоверений. Эти качества должны периодически проверяться в процессе работы водителей.

Для успешной работы водитель должен обладать способностью восприятия пространства и времени с достаточной для водителя точностью и быстротой, обладать устойчивостью и переключаемостью внимания.

Большое значение для успешной работы водителя имеет время реакции на изменения условий движения. Величина времени реакции водителя зависит от многих факторов, в том числе от нервной системы и психики. Чем менее устойчива психика водителя и слабее нервная система, тем больше у него время реакции. Исследованиями установлено, что это время состоит из двух интервалов. Первый интервал между моментом появления сигнала до выделения его из общего фона, второй — в течение которого водитель расшифровывает сигнал и принимает решение о характере управляющего воздействия на автомобиль. Разные факторы по-разному влияют на эти интервалы.

Большое значение на величину первого интервала оказывает утомление водителя. На второй интервал влияют такие факторы, как интенсивность и скорость движения, качество объектов, одновременно воспринимаемых водителем, степень монотонности дорожной обстановки и движения. С увеличением стажа работы

время реакции уменьшается. Общее время реакции водителя — величина вероятностная и у одного и того же водителя может изменяться от 0,5 до 3 с.

По типу нервной системы и психики водителей можно разделить на четыре группы: к первой группе относят водителей с уравновешенной психикой и сильной нервной системой; ко второй группе — водителей с некоторой неуравновешенностью нервной системы; к третьей — с существенными недостатками психики и слабой нервной системой; к четвертой группе относятся люди с существенными недостатками психики и постоянными ее расстройствами.

Работоспособность и надежность водителя обеспечивают принятие им адекватных решений по управлению автопоездом.

Большое значение для правильной организации вывозки имеет учет закономерностей изменения работоспособности и надежности в зависимости от времени работы водителя. Это изменение характерно возрастанием работоспособности и надежности в начале смены и после обеденного перерыва, зонами относительной устойчивости, а затем снижением работоспособности и надежности в конце дообеденного периода и особенно в конце смены. Все это необходимо учитывать при организации работы водителей, не допускать превышения установленной продолжительности рабочей смены.

### **Контрольные вопросы**

1. Как определить потребное число перевозочных средств для вывозки древесины?
2. Как установить оптимальный запас древесины на погрузочном пункте?
3. Как организуется управление движением лесовозных поездов?
4. Каковы требования к графикам движения поездов, виды графиков?
5. Как организуется управление транспортно-технологическими процессами с использованием спутниковой радионавигационной системы?
6. Как учитывают психофизиологические особенности водителей при организации вывозки древесины?

## ЛЕСОТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

### 11.1. Цели и задачи лесотранспортной логистики

По данным мировой статистики, в условиях индустриальной экономики наиболее развитых стран процесс собственно производства товаров составляет только 2 % от общего времени цикла процессов производственно-коммерческой деятельности, завершающейся доставкой товара потребителю. Остальные 98 % времени приходится на различные виды перемещений и хранения исходных материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, в том числе на транспортировку — 5 %. Стоимость всех видов снабжения и сбыта составляет 15 % от стоимости валового национального продукта или 30 % от общей суммы производственных издержек. На перемещение, т. е. на транспортировку и перегрузку расходуется более 40 %, на хранение — более 20 %, на материальные запасы — 25 %, на административные расходы — 15 % этих затрат. Отсюда очевидно, что сокращение указанных расходов на основе организационных и технологических решений, научных методов оптимизации потоковых процессов является важнейшей задачей, которая может быть решена на основе теории логистики.

*Логистика* — наука о планировании, организации, управлении и контроле движения материальных и информационных потоков в пространстве и времени от их первичного источника до конечного потребителя.

Основы коммерческой логистики были заложены в 1970-х гг. американскими специалистами-управленцами при создании системы EDIFACT, которая представляла собой электронную систему обмена информацией по финансовому положению, управлению, маркетингу и транспортному обслуживанию деятельности предприятия в условиях конкурентного рынка.

Аналогичную работу для российских условий при проведении внешнеторговых операций выполняли специалисты по транспорту и информатизации Московского государственного института международных отношений (МГИМО). В основу этих систем положена глобальная компьютеризация процесса управления в режиме реального времени. Компьютеризация управления товаропотоками позволяет отслеживать положение каждой товарной еди-

ницы, рационализировать складские операции, выбирать виды транспорта и их сочетание, условия поставок, определять оптимальные маршруты.

Главной целью логистики является доставка продукции соответствующего качества и в соответствующем количестве точно в срок, при относительных минимальных затратах на снабжение, хранение, производство, упаковку, сбыт, транспортировку продукции, обработку и передачу информации.

Особенностью транспортной логистики в лесной промышленности является то, что в единой логистической системе участвуют все группы транспорта по назначению: внутрицеховой (трелевка), межцеховой промышленный транспорт (вывозка по лесовозным дорогам) и транспорт общего назначения (перевозки лесопродукции от лесозаготовительных предприятий до конечного потребителя). В различных производственных условиях взаимодействие этих групп транспорта различное. Поиск наиболее эффективных решений является задачей лесотранспортной логистики. Задача усложняется тем, что лесотранспортный процесс необходимо решать в комплексе со строительством технологических путей (волоков, усов, веток) и магистральных путей, что, в свою очередь, связано с технологией лесозаготовок и ведения лесного хозяйства. Немаловажное значение для лесопромышленных предприятий имеет и решение задач доставки заготовленной продукции потребителю по транспортным системам общего пользования, где транспортные расходы достигают половины и более стоимости продукции. Особое место в лесотранспортной логистике занимают международные перевозки, организация и управление которыми имеют свою специфику и требуют знаний не только логистики международных перевозок, но и правил международной торговли.

## 11.2. Логистические цепи

Лесоматериалы, вырабатываемые на лесопромышленных предприятиях, доставляется конечному потребителю различными путями. Пути поставки товара представляют собой логистическую цепь.

*Логистическая цепь* — это линейно-упорядоченное множество звеньев логистической системы (поставщиков, производителей, дистрибьюторов, складов и т.д.), осуществляющих логистические операции по доведению материального внешнего потока от одной логистической системы до другой или до конечного потребителя. В большинстве случаев цепь заканчивается либо операцией складирования (хранения), либо передачей прав собственности на товар. Простейшая логистическая цепь состоит из поставщика —

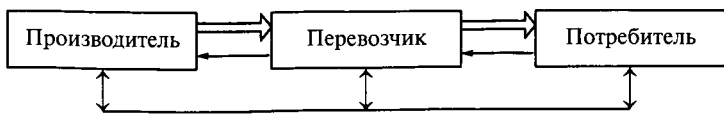


Рис. 11.1. Простейшая трехзвенная логистическая цепь:

⇒ — материальный поток; → — финансовый поток; ↔ — информационный поток

производителя, логистического посредника — перевозчика, доставляющего товар покупателю — потребителю (рис. 11.1).

В логистической цепи выделяются следующие главные звенья:

- поставка материалов, сырья, полуфабрикатов;
- хранение продукции и сырья;
- производство товаров;
- распределение товаров;
- отправка товаров со склада готовой продукции;
- потребление готовой продукции.

*Звеньями* логистической цепи являются пункты отправок, приема, переработки и хранения тех или иных ресурсов, а также соответствующей информации.

Каждое звено логистической цепи объединяет свои элементы, что в совокупности образует материальную основу логистики. К материальным элементам логистики относят транспортные средства и обустройства, складское хозяйство, средства связи и управления.

Характеристиками логистических цепей являются коэффициент звенности и коэффициент перегрузки.

Коэффициент звенности представляет собой среднее число звеньев, которое проходит материальный поток при движении от производителя до конечного потребителя. Коэффициент звенности показывает, сколько раз товар был продан в сфере обращения. Чем меньше торговых посредников, тем меньше коэффициент звенности. Этот коэффициент влияет на эффективность организационной структуры логистической системы, его уменьшению способствуют прямые связи между производителем и потребителем.

*Коэффициент перегрузки* представляет собой среднее количество операций, произведенное с каждой физической единицей груза в процессе выполнения перегрузочных работ. Коэффициент перегрузки определяется делением суммы тонноопераций на количество физических тонн. Сумма тонноопераций представляет собой законченное перемещение единицы груза с транспорта на транспорт, с транспорта на склад, со склада на транспорт от поставщика до потребителя. Коэффициент перегрузки является качественным показателем перегрузочных работ. Чем он меньше, тем рациональнее организован логистический процесс.



### 11.3. Формирование материалопотока

Важнейшими функциями логистики являются планирование и логистическая координация, которые требуют прогноза материалопотока. Материалопоток формируется под воздействием спроса и предложения. Спрос и предложение — две взаимосвязанные экономические категории. Предложение формируется под воздействием потребительского спроса, а спрос на материалопоток формируется и реализуется благодаря предложению.

Спрос на материалопоток зависит от тарифа на перевозку и дохода потребителя. Предложение также зависит от тарифа на перевозку и цены на топливо. Оптимальные объем материалопотока и цена будут обеспечены при равенстве спроса и предложения. На величину материалопотока влияют и многие другие факторы: изменение технологии, изменение налогов, экспортных и импортных пошлин и т. п. Для обоснованного планирования логистических систем необходим постоянный и тщательный анализ факторов, влияющих на спрос и предложение материалопотока, и влияния закономерностей, позволяющий делать выводы для прогноза развития спроса.

Рассмотрим простейшую логистическую задачу по оптимизации грузопотока лесопромышленного холдинга при перевозке лесопродукции от нескольких лесозаготовительных предприятий (ЛЗП) нескольким конечным потребителям через лесные терминалы. Для составления математической модели введем следующие обозначения:

$i = \overline{1, m}$  — ЛЗП;  $j = \overline{1, t}$  — лесные терминалы;  $k = \overline{1, n}$  — потребители лесоматериалов;  $x_{ij}$  — грузопоток от  $i$ -го ЛЗП до  $j$ -го терминала;  $x_{jk}$  — грузопоток от  $j$ -го терминала до  $k$ -го потребителя;  $c_j$  — стоимость разгрузки, хранения и погрузки лесоматериалов на  $j$ -м терминале;  $c_{ij}$  — стоимость перевозки единицы лесоматериалов от  $i$ -го ЛЗП до  $j$ -го терминала;  $c_{jk}$  — стоимость перевозки единицы лесоматериалов от  $j$ -го терминала до  $k$ -го потребителя;  $X_j$  — объем хранимых и перерабатываемых лесоматериалов на  $j$ -м терминале;  $Q_k$  — объем лесоматериалов, потребляемых  $k$ -м потребителем;  $P_i$  — объем лесоматериалов, поступающих от  $i$ -го ЛЗП до  $j$ -го терминала.

Необходимо так сформировать грузопотоки, чтобы полностью удовлетворить потребности потребителей и обеспечить минимальные затраты холдинга на перевозку лесоматериалов.

Математическая модель производственно-транспортной задачи может быть представлена следующим образом:

$$Z = \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^t c_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^t x_j c_j + \sum_{j=1}^t k \sum_{k=1}^n c_{jk} x_{jk} \right) \rightarrow \min;$$

при ограничениях:  
весь лесоматериал отправляется с ЛЗП через терминалы и принимается потребителями:

$$\sum_{i=1}^m P_i = \sum_{k=1}^n Q_k;$$

объем лесопродукции, поступающей  $i$ -го ЛЗП до  $j$ -го терминала:

$$P_i = \sum_{j=1}^l x_{ij};$$

потребность  $k$ -го потребителя в лесопродукции

$$Q_k = \sum_{j=1}^l x_{jk};$$

объемы поставок и потребления

$$X_j = \sum_{i=1}^m x_{ij} = \sum_{k=1}^n x_{jk};$$

естественным ограничением является то, что объемы перевозок не могут быть отрицательными:

$$x_{ij} \geq 0; x_{jk} \geq 0.$$

Это простейшая задача и представляет собой однопродуктовую открытую транспортную задачу, решение которой формирует поток лесопродукции от ЛЗП до терминалов и от терминалов до конечных потребителей.

## 11.4. Каналы распределения

Формирование товарных, информационных и финансовых потоков зависит от того, как организованы каналы распределения товаров.

*Канал распределения* — это совокупность организаций или отдельных лиц, которые принимают на себя или помогают передать другим организациям и лицам право собственности на конкретный товар или услугу на пути от производителя к потребителю. Канал распределения представляет собой путь, по которому товары движутся от производителя к потребителю. Каналы распределения влияют на время, скорость, эффективность движения и

сохранность продукции в процессе доставки ее от производителя к потребителю. Все функции или часть их по реализации производимой продукции может выполнять сам производитель, но при этом у него возрастают издержки.

Посреднические организации, специализирующиеся на организации товародвижения, могут выполнять многие функции гораздо эффективнее, чем товаропроизводитель. За выполнение функций по продвижению товаров по каналам распределения посредники взимают с производителя дополнительную плату. Вопрос о том, кому и как выполнять те или иные функции канала распределения, определяется эффективностью.

Каналы распределения характеризуются числом составляющих уровней. *Уровень канала* — это посредник, который выполняет работу по продвижению товара и права собственности на него конечному потребителю. Протяженность канала определяется числом промежуточных уровней между производителем и потребителем. Если производитель поставляет товар непосредственно конечному потребителю без посредников, то такой канал будет нулевого уровня. Если между производителем и конечным потребителем имеется один посредник, то канал одноуровневый, если между ними два посредника (например, оптовый и розничный), то канал — двухуровневый.

В зависимости от функций, выполняемых посредником, за чей счет и от чьего имени посредник их выполняет, они классифицируются на четыре типа:

- дилер действует от своего имени и за свой счет;
- дистрибьютор действует от чужого имени и за свой счет;
- комиссионер действует от своего имени и за чужой счет;
- агент, брокер действует от чужого имени и за чужой счет.

*Управление логистическим каналом* представляет собой процесс, посредством которого осуществляется согласование сроков производства, материально-технического снабжения с требованиями рынка потребителей. Целями управления логистическими каналами являются снижение издержек, повышение качества обслуживания, повышение гибкости и повышение скорости реагирования.

Для анализа процессов, происходящих в каналах распределения, введены понятия «времени, увеличивающего ценность» и «времени, не увеличивающего ценность». Временем, увеличивающим ценность, является то время, которое потрачено на выполнение действий, увеличивающих потребительскую стоимость, т. е. создающие какие-либо выгоды потребителю. Для осуществления деятельности по перемещению продукции для ее реализации необходимы материальные и временные затраты, которые увеличивают потребительскую стоимость продукции. Некоторые виды деятельности, требующие времени и затрат, хотя и не повышают

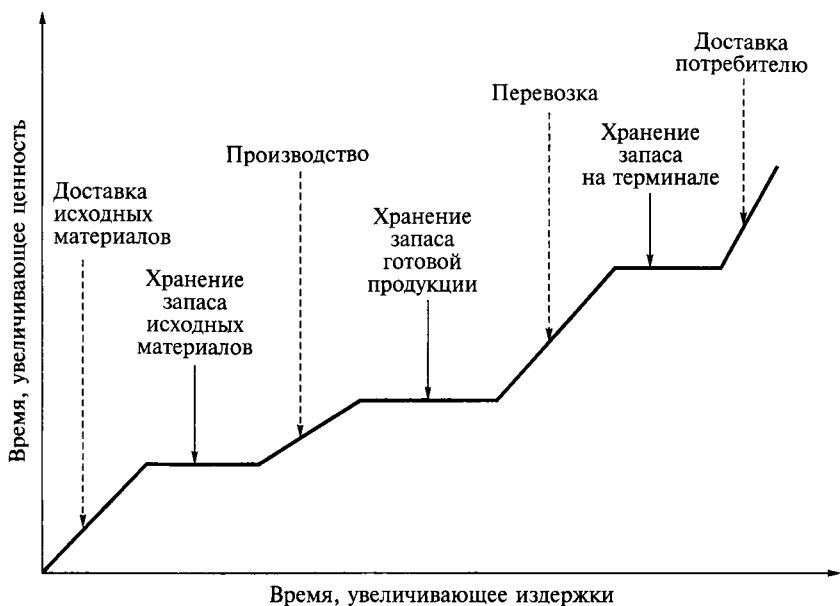


Рис. 11.2. График затрат времени в логистическом канале

ценность продукции, но являются необходимыми. К таким затратам относится, например, хранение.

Затраты времени цикла выполнения заказа можно представить в виде графика на рис. 11.2.

Анализ общей продолжительности цикла от получения заказа до доставки товара потребителю в ряде производств показывает, что менее 10 % общего времени тратится на операции, увеличивающие ценность, а большая часть времени расходуется на действия, приводящие только к увеличению издержек. Анализ такого цикла в ряде случаев помогает найти и устранить виды деятельности и затраты, не увеличивающие ценность конечного продукта для потребителя.

Для повышения показателя эффективности канала поставок необходим конкретный анализ всех видов деятельности по каналу поставок. Такая схема отражает развитие во времени процессов и видов деятельности по мере продвижения по логистическому каналу, а также определяет время, в течение которого материалы и товары находятся в движении, когда находятся в статическом состоянии и превращаются в запасы. Задача управления каналом заключается в нахождении способов улучшения соотношения между сроками выполнения операций, увеличивающих ценность и не увеличивающих ценность. Для совершенствования логистического процесса необходимо снижать сроки выполнения заказа в целом.

Для расчета срока доставки в зависимости от вида транспорта используют следующие формулы:

$$\text{железнодорожный транспорт} \quad - \quad T_{\text{ж}} = t_{\text{н-к}} + \frac{l}{v_{\text{н}}^{\text{ж}}} + t_{\text{доп}}^{\text{ж}};$$

$$\text{автомобильный транспорт} \quad - \quad T_{\text{а}} = t_{\text{н-к}} + \frac{l}{v_{\text{эк}}};$$

$$\text{речной транспорт} \quad - \quad T_{\text{р}} = t_{\text{н-к}} + \frac{l}{v_{\text{н}}^{\text{п}}} + t_{\text{доп}}^{\text{р}};$$

$$\text{морской транспорт} \quad - \quad T_{\text{м}} = \frac{l}{v_{\text{ком}}}; \quad v_{\text{ком}} = \frac{l}{\frac{l}{v_{\text{сут}}} + \frac{2\alpha D}{M} + t_{\text{доп}}^{\text{м}}},$$

где  $t_{\text{н-к}}$  — время на начально-конечные операции, ч (сут);  $l$  — расстояние перевозки, км;  $T_{\text{ж}}$ ,  $T_{\text{а}}$ ,  $T_{\text{р}}$ ,  $T_{\text{м}}$  — тарифное расстояние на соответствующем виде транспорта, км (миля);  $v_{\text{н}}^{\text{ж}}$ ,  $v_{\text{н}}^{\text{п}}$  — норма пробега вагона или судна в сутки;  $t_{\text{доп}}^{\text{ж}}$ ,  $t_{\text{доп}}^{\text{р}}$ ,  $t_{\text{доп}}^{\text{м}}$  — время на дополнительные операции в соответствующем виде транспорта, сут;  $v_{\text{эк}}$  — эксплуатационная скорость, км/ч;  $v_{\text{ком}}$  — коммерческая скорость, мили/сут;  $v_{\text{сут}}$  — эксплуатационная скорость судов на данной линии, мили/сут;  $\alpha$  — коэффициент использования грузоподъемности;  $D$  — грузоподъемность судна, т;  $M$  — средне-взвешенная суточная норма погрузочно-разгрузочных работ в порту отправления и назначения, т/сут.

Нормы суточного пробега повагонных отправок  $v_{\text{н}}^{\text{ж}}$  в зависимости от расстояния перевозки  $l$  составляют:

$l$ , км .....	До 199	200 ... 599	600 ... 999	1 000 ... 1 999
$v_{\text{н}}^{\text{ж}}$ .....	110	160	240	310
$l$ , км .....	2 000 ... 2 999	3 000 ... 4 999	5 000 ... 6 999	7 000 и более
$v_{\text{н}}^{\text{ж}}$ .....	330	380	400	420

## 11.5. Перевозка лесоматериалов автомобильным транспортом

Перевозку лесоматериалов автомобильным транспортом осуществляют при относительно небольших расстояниях перевозки. Несмотря на высокие транспортные затраты, перевозку лесоматериалов автомобильным транспортом успешно применяют во многих регионах страны. Преимуществом этого вида транспорта является скорость и возможность доставки груза непосредственно от поставщика на склад потребителя без перегрузок. Такие пере-

возки применяют при их относительно небольших объемах, чаще всего прямыми поставками от продавца покупателю без посреднических организаций.

Важнейшими эксплуатационными показателями автомобильного подвижного состава является вместимость и использование массы транспортного средства.

Под *вместимостью* автомобиля или автопоезда понимают наибольшее количество груза, которое можно одновременно перевозить транспортным средством с учетом его прочности и параметров кузова или грузонесущих устройств (кони́ков). Грузовместимость, хотя и является основным параметром транспортного средства, не всегда выражает действительное количество груза, которое может быть перевезено на автомобиле или автопоезде. Это количество еще зависит от плотности груза, внутренних размеров кузова и от особенностей его устройства, поэтому грузовместимость автомобиля оценивается следующими измерителями: грузоподъемностью, кН; удельной объемной грузоподъемностью, кН/м<sup>3</sup>, или для лесовозного автопоезда, кН, или кубометр на полезную площадь коника в квадратных метрах; коэффициентом грузовместимости.

*Грузоподъемность*, кН, является основным показателем грузовой вместимости автомобиля или автопоезда и определяется как сумма номинальной (паспортной) грузоподъемности автомобиля и прицепного состава.

*Удельная объемная грузоподъемность*, кН/м<sup>3</sup>, является отношением грузоподъемности к внутреннему объему кузова.

*Коэффициент грузовместимости*  $K_{\text{вм}}$  характеризует степень возможного использования полезной грузоподъемности автомобиля и прицепного состава при перевозке грузов с разной плотностью и упаковкой:

$$K_{\text{вм}} = \frac{V_{\text{к}} \rho K_{\text{ис}}}{Q},$$

где  $V_{\text{к}}$  — внутренний геометрический объем кузова, м<sup>3</sup>;  $\rho$  — плотность груза, т/м<sup>3</sup>;  $K_{\text{ис}}$  — коэффициент использования объема кузова при данном виде груза;  $Q$  — масса груза, т.

При значениях коэффициента грузовместимости  $K_{\text{вм}} \geq 1$  грузоподъемность транспортного средства может быть использована полностью. Чем меньше значение коэффициента грузовместимости, тем меньше используется грузоподъемность транспортного средства.

*Коэффициент использования объема кузова*  $K_{\text{ис}}$  является отношением фактически используемого объема кузова при данном виде груза и его упаковке к полному геометрическому объему кузова. Для разных видов штучных грузов и схем их укладки значение

коэффициента  $K_{ис}$  может находиться в следующих пределах: ящики, кипы — 0,6...0,95; мешки, кули — 0,9...1,0; бочки, рулоны — 0,4...0,7; бревна, брусья, дрова — 0,7...1,0.

Для определения степени использования грузоподъемности лесозонных автопоездов применяют коэффициент грузоместимости коника автомобиля

$$K_{вм.к} = \frac{BHq}{Q_{пол}},$$

где  $B$  — расстояние между стойками на автомобиле, м;  $H$  — полезная высота стоек на автомобиле, м;  $Q_{пол}$  — полезная нагрузка на автопоезд, м<sup>3</sup>;  $q$  — объем древесины, размещаемый на 1 м<sup>2</sup> поперечного сечения коника автомобиля, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>.

При известном среднем объеме хлыста  $V_{хл}$  этот показатель может быть определен по следующей эмпирической зависимости:

$$q = 4,3 + 3,1V_{хл}.$$

Максимальный объем сортиментов  $V_c$ , который может быть уложен на автопоезд, определяют по формуле

$$V_c = BHLnK_c,$$

где  $L$  — длина перевозимых сортиментов, м;  $n$  — число уложенных по длине платформы пакетов, шт.;  $K_c = 0,5...0,7$  — коэффициент, учитывающий плотность укладки сортиментов.

Показателем использования массы автомобиля, прицепа или в целом автопоезда является коэффициент снаряженной массы (тары), т/кН:

$$K_T = \frac{Q_{бр}}{Q},$$

где  $Q_{бр}$  — собственная масса транспортного средства в снаряженном состоянии, т;  $Q$  — масса груза, т.

Этот коэффициент определяет совершенство конструкции транспортного средства и является одним из важнейших показателей его эксплуатационных качеств.

Перевозка лесоматериалов часто осуществляется тяжеловесными автотранспортными средствами.

Тяжеловесными признают транспортные средства, масса и осевая нагрузка на каждую ось которых превышают значения, установленные соответствующими инструкциями.

Передвижение тяжеловесных автотранспортных средств по федеральным дорогам общего пользования осуществляется только на основании специальных разрешений, выдаваемых органами,

уполномоченными Министерством транспорта Российской Федерации. Разрешение на перевозку тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам общего пользования выдается только при предъявлении копии платежного поручения о внесении платы за провоз тяжеловесных грузов. Аналогичные условия существуют и в других странах на перевозки тяжелых и негабаритных грузов, на перевозки которых требуются отдельные разрешения и дополнительная оплата.

Размер платы за провоз таких грузов зависит от полной массы автотранспортного средства, осевых масс, протяженности маршрута движения. Плата за провоз тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам включается в себестоимость продукции.

## 11.6. Перевозка лесоматериалов железнодорожным транспортом

При перевозке лесоматериалов железнодорожным транспортом необходимо строго соблюдать требования по габаритам, правилам погрузки, нормам загрузки вагонов, срокам погрузки и выгрузки и другим требованиям, предусмотренным договором между дорогой и лесопромышленным предприятием на эксплуатацию подъездного пути.

**Железнодорожные габариты.** Погрузка лесоматериалов в железнодорожный подвижной состав осуществляется строго в пределах габаритов погрузки, установленных правилами технической эксплуатации на тех или иных железных дорогах.

*Обычный габарит* используют на всех участках сети российских железных дорог широкой колеи (рис. 11.3).

Для перевозки неокоренных, непакетированных круглых лесоматериалов разработан *зональный габарит*, имеющий более широкие очертания в верхней суженной части в сравнении с обычным габаритом погрузки. Первая точка перегиба *a* зонального габарита совпадает с обычным габаритом, вторая точка *б* расположена на высоте 4 700 мм от уровня головки рельсов и соответствует внутренней ширине полувагона, равной 2 960 мм, третья точка перегиба *в*, расположенная на высоте 5 200 мм, отстоит от оси габарита на 1 100 мм. Верхние горизонтальные линии очертаний габаритов совпадают. Как правило, лесоматериалы на российских железных дорогах грузят с использованием зонального габарита. При отправке вагонов, загруженных в соответствии с требованиями зонального габарита погрузки, в накладных в графе «Место для особых отметок и штампелей» необходимо внести отметку «Зональный габарит».

При погрузке лесоматериалов габарит погрузки и вместимость вагонов должны использоваться полностью. Погрузка лесомате-



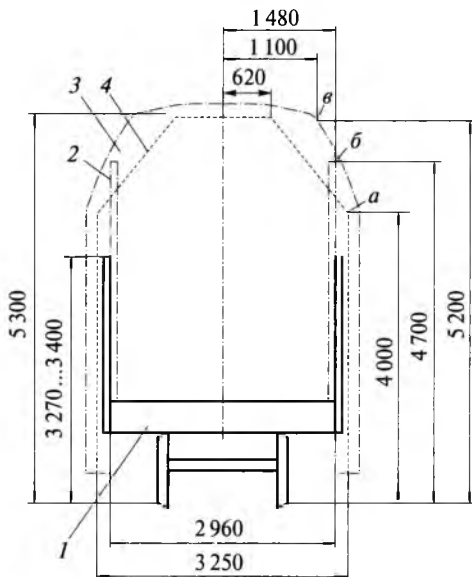


Рис. 11.3. Габариты российских железных дорог:

1 — полувагон; 2 — ограждающая стойка; 3 — очертания зонального габарита; 4 — очертание обычного габарита

риалов на подвижной состав железных дорог производится штабелями встык с предварительной сортировкой по длине так, чтобы в вагоне в каждом штабеле был один размер по длине и толщине в пределах стандартов. Допускается совместная погрузка на один вагон штабелей и пачек лесоматериалов различной длины, при этом верхняя часть штабеля не должна быть длиннее нижней. Лесоматериалы большей длины размещают по концам вагона. Максимальная длина штабелей должна составлять для платформ с базой 9 720 мм — 14,4 м; платформ с базой 9 294 мм — 13,9; четырехосных полувагонов — 13,7; шестиосных полувагонов — 16,1 м.

Лесоматериалы, не помещающиеся по длине кузова полувагона, грузят с одной или двумя открытыми торцовыми дверями. В полувагоны с глухим полом лесоматериалы грузят только паке-тированными, увязанными стропами.

При погрузке верхней суженной части габарита лесоматериалы должны быть подсортированы так, чтобы в «шапке» было не более одного размера по длине и не более двух-трех смежных размеров по толщине.

**Погрузка круглого леса.** Круглый лес и полукруглые пластины грузят вдоль вагона. Комли и вершины бревен в основном штабеле должны чередоваться поштучно или целыми пачками так, чтобы в штабеле половина комлей были в одну сторону, а половина — в

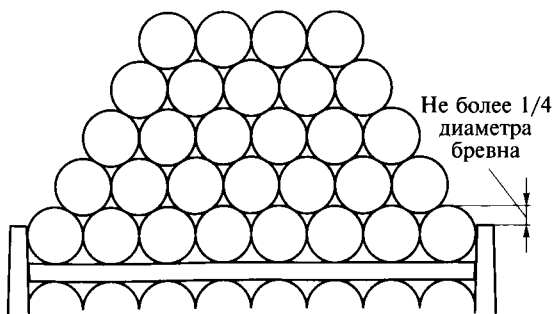


Рис. 11.4. Формирование «шапки» из круглых лесоматериалов

другую. Комли и вершины бревен в «шапке» должны чередоваться поштучно. Крайние бревна в рядах, лежащих на прокладках, должны обязательно прилегать к стойкам. Прокладки должны плотно опираться на средние и крайние бревна, прилегающие к стойкам.

При формировании «шапки» бревна в первом ряду укладывают на удлиненные прокладки вплотную друг к другу. Крайние бревна первого ряда укладывают вплотную к боковым стойкам, возвышение этих бревен над стойками должно быть не более  $1/4$  их диаметра (рис. 11.4). В седловине между смежными бревнами первого ряда плотно укладывают последующие по высоте погрузки бревна. В боковой части «шапки» располагают бревна, подсортированные по толщине, по двум-трем смежным градациям толщины так, чтобы угол откоса, образованного боковыми бревнами, был не более  $50^\circ$ .

При погрузке в один вагон штабелей из лесоматериалов разной длины штабеля длиной 3 м и более размещают по концам вагона, меньшей — в середине. Выход крайних штабелей за пределы лобового бруса не должен превышать 200 мм. Наружные концы штабелей должны быть выровнены.

Схемы размещения на железнодорожных платформах штабелей круглых лесоматериалов разной длины показаны на рис. 11.5.

В «шапку» загружают пакеты лесоматериалов длиной не менее 3 м. Уложенные пакеты должны перекрывать стыки штабелей нижнего яруса.

При отгрузке круглых лесоматериалов в страны ЕС, как правило, погрузку производят без применения подкладок и прокладок между прямоугольной частью штабеля и шапкой. На практике при заключении контрактов на международные поставки лесоматериалов правила погрузки и габариты должны быть дополнительно согласованы с учетом правил перевозок стран следования.

**Формирование пакетов пиломатериалов.** Пиломатериалы на экспорт, как правило, поставляют в пакетированном виде в транспортных пакетах и блок-пакетах согласно ГОСТ 19041 — 85.

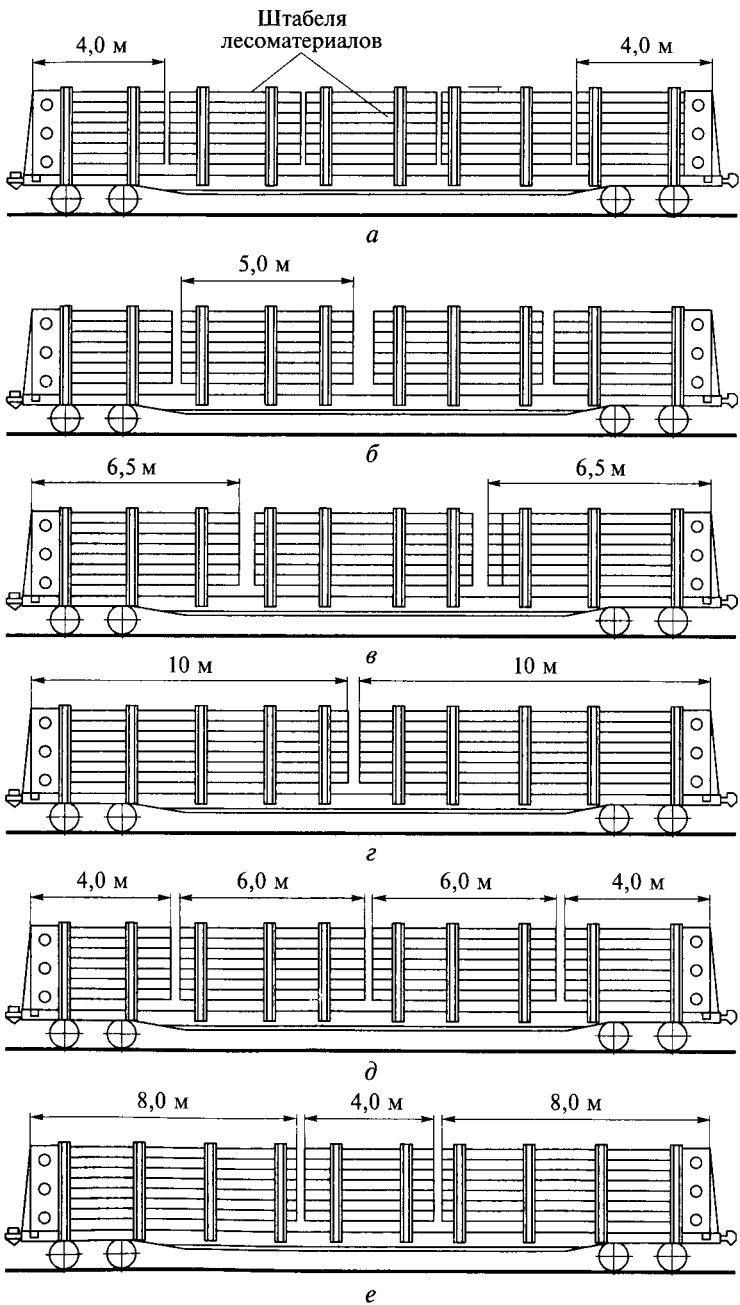


Рис. 11.5. Схемы (*a—e*) размещения штабелей круглых лесоматериалов различной длины на железнодорожных платформах

Пакеты и блок-пакеты пиломатериалов формируют прямоугольного поперечного сечения с выровненными торцами. По согласованию с заказчиком допускается применение пакета с уступчатой формой одного торца. Пакеты формируют из пиломатериалов одной длины. В пакет укладывают пиломатериалы одного сорта, одной ширины и толщины. Породный состав соответствует требованиям стандартов на эти пиломатериалы или требованиям договора на поставку. По согласованию с заказчиком допускается укладывание в один пакет пиломатериалов двух или трех смежных длин (при внутренних перевозках — до четырех смежных длин). В этом случае допускается укладывание в пакет пиломатериалов со стыкованием по длине. При этом в крайние стопы и два-три нижних ряда пакета укладывают пиломатериалы максимальной длины без стыкования. При формировании пакета со стыковкой по длине из тонких пиломатериалов в один-два нижних ряда укладывают пиломатериалы толщиной 32 мм и более. В средней части крайних стоп, кроме двух-трех верхних и нижних рядов, допускается через ряд укладывать пиломатериалы и заготовки со стыкованием по длине.

*Транспортные блок-пакеты* состоят из пакетов одинаковой ширины и высоты, принадлежащих к одной отгрузочной партии. Размеры пакетов и блок-пакетов согласно ГОСТ 16369—96 приведены в табл. 11.1.

Пакеты пиломатериалов формируются с прокладками толщиной 10...25 мм и шириной не менее 40 мм. Древесина прокладок не должна иметь мягкой гнили, коры, червоточин. Влажность древесины прокладок не должна быть выше влажности пакетизируемых пиломатериалов. В одном ряду прокладки должны быть одной толщины. Число прокладок в ряду по длине пакета должно составлять

Таблица 11.1

**Размеры пакетов и блок-пакетов пиломатериалов, мм**

Размеры пакета		Число пакетов в блок-пакете, шт.		Размеры блок-пакета	
Ширина	Высота	по ширине	по высоте	Ширина	Высота
1 250... 1 350	1 250... 1 450	2	2	2 500... 2 700	2 550... 2 950
1 250... 1 350	600... 700	2	2	2 500... 2 700	1 250... 1 450
1 000... 1 200	1 000... 1 200	2	2	2 000... 2 400	2 050... 2 450
1 000... 1 200	500... 600	1	2	1 000... 1 200	1 050... 1 250
800... 900	800... 900	3	3	2 400... 2 700	2 500... 2 800
500... 650	500... 625	2	2	1 000... 1 300	1 050... 1 300

Размеры пакетов пиломатериалов в «шапке»

Вариант формирования «шапки»	Число ярусов в «шапке»	Номер яруса	Размеры пакета, мм, для размещения			
			в полувагоне		на платформе	
			Ширина	Высота	Ширина	Высота
1	1	1	1 000×2	1 050	1 000×2	1 150
2	2	1	1 250×2	500	1 350×2	550
		2	1 000×2	500	1 000×2	550
3	2	1	1 250×2	500	1 350×2	550
		2	1 250	500	1 350	550

для пакетов длиной до 3,75 м — 2, для пакетов длиной 3,9...5,5 м — 3, для пакетов длиной 5,7 м и более — 4.

**Погрузка пиломатериалов.** При погрузке пакетов пиломатериалов в полувагоны и на платформы их укладывают в два ряда по ширине и в два яруса в пределах прямоугольной части габарита. Поперечные размеры пакетов, предназначенных для этого: ширина — 1 250 мм для полувагонов, 1 350 мм — для платформ; высота пакетов — 1 200 мм.

Пакеты укладывают вплотную к ограждающим стойкам, в нижнем ярусе на платформах — вплотную к бортам платформ. В случае образования зазоров между пакетами они должны быть плотно заполнены пиломатериалами длиной, равной длине пакета. При использовании зонального габарита формирование «шапки» из пакетов пиломатериалов можно осуществлять по трем вариантам. Ширина и высота пакетов в «шапке», число ярусов и рядов в каждом варианте должны соответствовать табл. 11.2.

В зависимости от длины вагона в «шапке» укладывают от двух до четырех пакетов. Схема погрузки пакетов пиломатериалов по варианту 1 формирования «шапок» приведена на рис. 11.6.

**Эксплуатационные показатели железнодорожного транспорта.** Важнейшими эксплуатационными показателями железнодорожного прицепного состава являются коэффициенты использования грузоподъемности и вместимости.

*Коэффициент использования грузоподъемности*  $K_{гр}$  определяется отношением силы тяжести груза  $Qg$  в вагоне к его номинальной грузоподъемности  $G$ , кН:

$$K_{гр} = \frac{Qg}{G},$$

где  $Q$  — масса груза, т;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

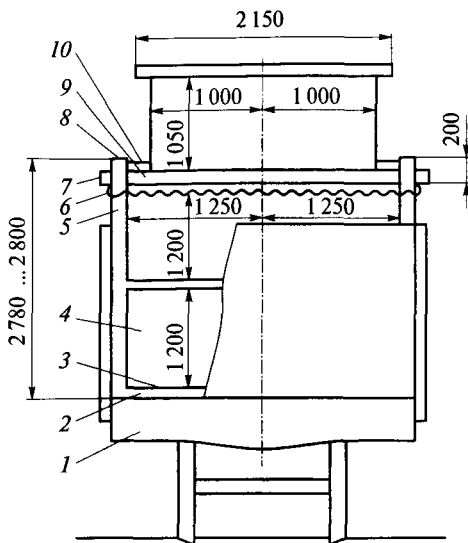


Рис. 11.6. Погрузка пакетов пиломатериалов в полувагон с «шапкой» по варианту 1:

1 — полувагон; 2 — подкладка; 3 — торцовый упор; 4 — пакет; 5 — стойка; 6 — четырехзвенная стяжка; 7 — удлиненная прокладка; 8 — проволочная увязка; 9 — распорная доска; 10 — упорный брусок

Коэффициент вместимости  $K_{гр}$  определяется как отношение объема груза в вагоне  $V_{гр}$ ,  $m^3$ , к вместимости вагона  $V_{вм}$ ,  $m^3$ :

$$K_{вм} = \frac{V_{гр}}{V_{вм}}$$

Вагонный парк состоит из вагонов различной грузоподъемности, поэтому все расчеты на железных дорогах ведут в двухосных условных вагонах.

Для перехода от физических вагонов к условным используют формулу

$$N_{усл} = N_2 + 2N_4 + 3N_6 + N_{ц}^{19} + 2N_{ц}^{25} + 3N_{ц}^{40} + 4N_{ц}^{>40},$$

где  $N_2$ ,  $N_4$ ,  $N_6$  — число вагонов двух-, четырех-, шестиосных;  $N_{ц}^{19}$ ,  $2N_{ц}^{25}$ ,  $3N_{ц}^{40}$ ,  $4N_{ц}^{>40}$  — число цистерн грузоподъемностью соответственно до 19 т, 20...25 т, 26...40 т и более 40 т.

Основными показателями для логистических расчетов, не требующими разъяснения (смысл их понятен из названий), являются:

- коэффициент тары вагона

$$K_t = \frac{Q_t}{Q},$$

где  $Q_t$  — масса тары, т;  $Q$  — грузоподъемность вагона, т;

- погрузочный коэффициент тары вагона

$$K_t^n = \frac{Q}{Q_{гр}}$$

где  $Q_{гр}$  — масса груза, т;

- коэффициент удельной вместимости вагона

$$K_{уд}^o = \frac{V_{вм}}{Q}$$

- коэффициент удельной грузоподъемности

$$K_{уд}^{гр} = \frac{Q}{V_{вм}}$$

- оборот вагона

$$O = \frac{1}{24} \left( \frac{l}{v_y} + \frac{l}{L_{тех}} t_{тех} + k t_{гр} \right),$$

где  $l$  — расстояние перевозки груза, км;  $v_y$  — средняя скорость на участке, км/ч;  $L_{тех}$  — вагонное плечо, км;  $t_{тех}$  — средний простой вагона на одной технической станции, ч;  $k$  — коэффициент сменности работы;  $t_{гр}$  — средний простой вагона на одной станции с грузовой операцией, ч;

- средний простой вагона на подъездном пути (при номерном способе)

$$t_n = \frac{B}{Y} = \frac{N_2 t_1 + 2N_4 t_2 + 3N_6 t_3}{N_2 + 2N_4 + 3N_6},$$

где  $B$  — вагоночасы простоя всех убывших вагонов;  $Y$  — число убывших вагонов;  $t_1, t_2, t_3$  — время простоя соответственно двух-, четырех-, шестисосных вагонов, ч;

- техническая норма загрузки вагона — количество груза, которое должно быть загружено в вагон данного типа при наилучшем использовании его грузоподъемности и вместимости. Грузы и способы их погрузки бывают разнообразными, поэтому разрабатывают местные технические нормы, которые согласовывают с грузоотправителем.

Техническую норму загрузки (ТНЗ) вагонов определяют по формулам:

для крытых вагонов

$$ТНЗ_{кр} = V_{вм} k_{вп};$$

для открытых вагонов

$$TНЗ_{от} = (V_r + V_{ш})\rho,$$

где  $V_{вм}$  — полная вместимость вагона,  $m^3$ ;  $k_v$  — коэффициент использования вместимости вагона, различный для разных видов груза;  $\rho$  — плотность груза,  $t/m^3$ ;  $V_r$  — объем основной части груза,  $m^3$ ;  $V_{ш}$  — объем «шапки»,  $m^3$ .

Сроки погрузки и выгрузки вагонов определяются РЖД, допускается устанавливать местные нормы простоя вагонов под грузовыми операциями, которые утверждаются РЖД. Время простоя вагонов под грузовыми операциями исчисляется с момента фактической подачи их к месту выполнения грузовых операций до момента получения станцией уведомления о готовности к уборке. Если предприятие обслуживает подъездные пути своим локомотивом, то время простоя вагонов исчисляется с момента подачи вагонов на выставочный путь.

Сроки обслуживания вагонов на подъездном пути складываются из следующих элементов:

- прием и сдача вагонов и грузов;
- продвижение вагонов от пункта отправления до места погрузки или выгрузки и обратно;
- маневровая работа (расстановка вагонов по фронту работ, расформирование и формирование поездов);
- собственно погрузка (выгрузка), взвешивание, обмер и другие операции.

Срок погрузки (выгрузки) вагона рассчитывают по формуле

$$t_{под} + \frac{n}{m} t_{погр} + t_{закл},$$

где  $t_{под}$  — время на подготовительные операции (снятие пломб, открывание дверей, установка под погрузку, установка стоек и т. п.), мин;  $n$  — число вагонов в группе;  $m$  — число одновременно загружаемых вагонов при нескольких погрузочных механизмах;  $t_{погр}$  — время погрузки одного вагона, мин;  $t_{закл}$  — время на заключительные операции (закрывание дверей, установку пломб, обвязку и т. п.), мин.

Время погрузки одного вагона

$$t_{погр} = \frac{60q_v}{\Pi} + t_{всп},$$

где  $q_v$  — масса груза в вагоне, т;  $\Pi$  — производительность погрузочного (разгрузочного) механизма, т/ч;  $t_{всп}$  — затраты времени на вспомогательные операции в процессе погрузки (перемещение вагона или погрузочного механизма, время на промежуточную увязку и т. п.), мин.



Договором на эксплуатацию подъездного пути между дорогой и предприятием может быть установлена единая норма простоя вагонов. При невыполнении единой нормы простоя вагонов предприятие несет ответственность за простой вагонов на подъездных путях сверх нормы.

Средний простой вагонов на подъездном пути при полярном способе учета определяют делением суммы вагоночасов простоя всех убывших за отчетный период вагонов  $B$  на число убывших условных двухосных вагонов  $У$ . Для перевода в условные двухосные вагоны число и время простоя четырехосных вагонов удваивают, шестиосных — утраивают.

Средний фактический простой вагонов сравнивают со сроком, установленным договором. При простое вагонов сверх нормативного на предприятие налагается штраф.

## **11.7. Особенности международных перевозок лесоматериалов**

Широкий круг вопросов хозяйственного взаимоотношения государств регулируется через экономические контракты и соглашения. Такими вопросами являются экспорт, импорт, перевозки грузов, платежи, кредиты, валютно-финансовые отношения, научно-техническое сотрудничество и др. Межгосударственные экономические контракты и соглашения являются юридическими актами между государствами по установлению, изменению или прекращению их прав и обязанностей по их взаимным хозяйственным, кредитным, научно-техническим или другим связям, охватываемым контрактом или соглашением. В контрактах определяются права юридических лиц, договаривающихся сторон по торговой и промышленной деятельности, определяются вопросы ввоза и вывоза товаров, перевозок, транзита, таможенных пошлин, форм оплаты и другие вопросы.

Основной формой межгосударственных экономических контрактов являются торговые договоры, охватывающие вопросы товарооборота, перевозок, платежей. Одним из таких документов является контракт купли-продажи, являющийся правовым документом, на основании которого регулируются взаимоотношения непосредственных участников внешнеторговой сделки.

Основным признаком контракта купли-продажи является условие о том, что одна сторона принимает на себя обязательства передать указанный в контракте товар в собственность другой стороне, которая обязуется уплатить обусловленную в контракте цену.

При заключении контракта купли-продажи применяется принятая в международной торговле терминология, стандартная клас-

сификация товаров, международное право и международные документы.

В международной торговле большое значение имеют ряд специфических вопросов, определяющих условия поставки товара. Такими вопросами являются таможенная очистка товаров, страхование от рисков, расходы по погрузке и выгрузке, распределение риска между сторонами в случае гибели или повреждения и т. п. Все эти вопросы должны быть конкретно решены при заключении контракта купли-продажи.

Международной торговой палатой разработаны *правила международной торговли* и стандартные толкования базисных условий поставки, нашедших отражение в документе, получившем название «Инкотермс». Унификация условий поставки «Инкотермс» значительно облегчает процедуру заключения контрактов и исключает разное толкование. Изложенные в них формулировки апробированы мировой торговой и арбитражной практикой. В связи с изменениями, происходящими в практике мировой торговли, претерпевает изменения и толкование терминов. Условия поставок «Инкотермс» хотя и приняты Международной торговой палатой, но являются нормативным документом только в том случае, если на них сделана ссылка в контракте, и при этом в контракте не предусмотрено иного, чем в тексте «Инкотермс».

Таблица 11.3

### Виды коммерческих обязательств

Обязанности продавца	Обязанности покупателя
A1. Представление товара в соответствии с условиями договора	B1. Оплата стоимости товара
A2. Лицензии, свидетельства и иные формальности	B2. Лицензии, свидетельства и иные формальности
A3. Договор перевозки и страхования	B3. Договор перевозки и страхования
A4. Поставка	B4. Принятие поставки
A5. Переход рисков	B5. Переход рисков
A6. Распределение расходов	B6. Распределение расходов
A7. Извещение покупателю	B7. Извещение продавцу
A8. Доказательство поставки, транспортные документы или эквивалентные электронные сообщения	B8. Доказательство поставки, транспортные документы или эквивалентные электронные сообщения
A9. Проверка, упаковка, маркировка	B9. Осмотр товара
A10. Другие обязанности	B10. Другие обязанности

## Базисные условия поставок «Инкотермс-2000»

Группа	Обозначение	Условия поставки	Примечания
<i>Группа E:</i> отправление	EXW	Франко-завод (...название места)	Любой вид транспортировки
<i>Группа F:</i> основная перевозка не оплачена	FCA	Франко-перевозчик (...название места назначения)	Любой вид транспортировки
	FAS	ФАС— франко вдоль борта судна (...название порта отгрузки)	Только морской и внутренний водный транспорт
	FOB	ФОБ — франко-борт (...название порта отгрузки)	Только морской и внутренний водный транспорт
<i>Группа C:</i> основная перевозка оплачена	CRF	Стоимость и фрахт (...название порта назначения)	Только морской и внутренний водный транспорт
	CIF	Стоимость, страхование и фрахт (...название порта назначения)	Только морской и внутренний водный транспорт
	CPT	Фрахт/перевозка оплачены до (...название порта назначения)	Любой вид транспортировки
	CIP	Фрахт/перевозка и страхование оплачено до (...название места назначения)	Любой вид транспортировки
<i>Группа D:</i> прибытие	DAF	Поставка до границы (...название места поставки)	Любой вид транспортировки
	DES	Поставка с судна (...название порта назначения)	Только морской и внутренний водный транспорт
	DEQ	Поставка с пристани с оплатой пошлины (...название порта назначения)	Только морской и внутренний водный транспорт
	DDU	Поставка без оплаты пошлины (...название места назначения)	Любой вид транспортировки
	DDP	Поставка с оплатой пошлины (...название места назначения)	Любой вид транспортировки

Базисными условиями поставок товаров предусмотрена возможность предоставления необходимых документов или эквивалентных им электронных документов, но это должно быть оговорено в договоре купли-продажи.

В каждом термине «Инкотермс-2000» выделены основные вопросы, расположенные в единой нумерации. Такой способ позволяет отразить обязанности сторон и установить, каким образом обязанность одной стороны влияет на положение другой стороны в отношении этой же обязанности.

По каждому коммерческому термину обязательства сторон сгруппированы параллельно как «Обязанности продавца» и «Обязанности покупателя». Таких обязательств «Инкотермс-2000» предусматривает десять, они приведены в табл. 11.3.

Для того чтобы продавец и покупатель идентично понимали значения основных коммерческих терминов и правильно их использовали, в «Инкотермс-2000» базисные условия поставки размещены по четырем группам и даны их определения, представленные в табл. 11.4.

## **11.8. Фитосанитарный контроль лесоматериалов**

Целью фитосанитарного надзора и сертификации лесоматериалов являются защита потребителей от приобретения зараженных лесоматериалов, которые опасны для экономики страны и окружающей среды; выполнение международных обязательств Российской Федерации и соглашений по карантину растений, требований договоров; предотвращение проникновения вредителей как на территорию страны, так и за ее пределы. Фитосанитарную сертификацию проводят государственные инспекции по карантину растений. Сертификация проводится по заявке, направляемой в Госинспекцию по карантину растений. Расходы по проведению сертификации и оформлению фитосанитарного сертификата несет заявитель.

*Карантинный досмотр* древесины и лесоматериалов первоначально производится на верхних и нижних складах, в местах заготовок или на предприятиях производства и переработки лесоматериалов и лесопродукции. Карантинному досмотру также подвергают лесные грузы в местах концентрации из других регионов Российской Федерации на лесных терминалах, морских и речных портах, железнодорожных станциях.

Перед досмотром выясняется время заготовки древесины. Заготовленные зимой лесоматериалы не заселяются стволовыми вредителями, если они реализуется в зимнее время. Лёт насекомых и заселение ими древесины происходит в сроки с марта по ноябрь (в зависимости от региона).

Все лесоматериалы, экспортируемые из Российской Федерации, сопровождаются фитосанитарным сертификатом с указанием района его происхождения и адреса зарубежного получателя. Если лесоматериалы направляются в пункт для формирования экспортной партии, на месте выдается *карантинный сертификат*, а затем в пункте формирования на основании карантинного сертификата выдается *фитосанитарный сертификат*.

Фитосанитарная сертификация устанавливает соответствие лесоматериалов фитосанитарным требованиям, изложенным:

- в договоре (контракте);
- двухсторонних соглашениях между Российской Федерацией и страной-импортером;
- нормативных документах Росгоскарантина;
- в санитарном законодательстве страны-импортера.

Фитосанитарные требования включают в себя:

- перечень карантинных районов, из которых запрещен вывоз лесоматериалов без специального разрешения, дату введения и общий срок карантина;

- наименование карантинного организма (русское и латинское), описание организма, признаки поражения лесоматериалов, наименование древесных пород, которые он преимущественно поражает, период времени в течение года, когда имеется наибольшая опасность распространения карантинного вредителя;

- требования к окорке лесоматериалов;
- требования к обеззараживанию (фумигации) и антисептированию лесоматериалов, наименование химикатов в случае их применения при обеззараживании, уровень их концентрации;

- срок действия фитосанитарного и карантинного сертификатов.

В фитосанитарном сертификате удостоверяется отсутствие в лесоматериалах карантинных объектов, предусмотренных конвенциями и соглашениями по карантину и защите растений и требованиями стран-импортеров в торговых договорах. В случае проведения обеззараживания или антисептирования указывается наименование химического средства и его концентрация.

## **11.9. Условия международных перевозок лесоматериалов автомобильным транспортом**

В связи с развитием международных перевозок в 1958 г. в Женеве было принято Соглашение о единообразных условиях утверждения и признания предметов, оборудования и частей механических транспортных средств. Наша страна присоединилась к этому Соглашению в 1987 г., что потребовало введения сертификации транспортных средств. Большинство европейских стран

ввели дополнительную квоту разрешений на въезд «зеленых безопасных грузовиков». «Зеленый безопасный грузовик» — это автомобили и прицепы, удовлетворяющие нормам Евро-2 по токсичности отработавших газов и Правилам по шумности. Они должны иметь минимальную глубину протектора 2 мм, боковое защитное устройство, световые указатели поворотов, предупреждающий аварийный треугольник красного цвета, ограничитель скорости, при большой длине и грузоподъемности иметь световозвращающие задние опознавательные знаки; грузовик должен быть оборудован тахографом, ABS и соответствовать другим общеевропейским требованиям. Транспортные средства должны проходить ежегодный тест на пригодность к эксплуатации, в особенности по дымности, шумности и работе тормозов, и иметь об этом сертификат.

Транспортные средства должны соблюдать не только национальные требования, но и требования тех стран, через которые осуществляются перевозки. При этом следует особо учитывать требования габаритов и нагрузки на ось. Снижения нагрузки на ось можно добиться за счет увеличения числа осей. В некоторых странах по особым разрешениям можно превышать ограничения, которые выдаются за отдельную плату на определенный срок или на отдельные рейсы.

Технические требования, установленные в странах Европейского союза, к подвижному составу представлены в табл. 11.5 по габаритным размерам, в табл. 11.6 по общей массе и в табл. 11.7 по осевой нагрузке.

В целях содействия облегчению международной перевозки грузов дорожными транспортными средствами ряд европейских стран подписали Таможенную Конвенцию о международной дорожной перевозке грузов (МДП) с применением книжки МДП. Эта система направлена на улучшение условий перевозок и является одним из существенных факторов развития сотрудничества между странами. Термин «операция МДП» означает перевозку грузов от таможенного места отправления до таможенного места назначения с соблюдением так называемой процедуры МДП. Конвенция МДП касается перевозки грузов, осуществляемой без их промежуточной перегрузки, в дорожных транспортных средствах или контейнерах, с пересечением одной или нескольких границ от таможенного места отправления одной из сторон до таможенного места назначения другой стороны при условии, что определенная часть операции МДП между началом и концом производится автомобильным транспортом.

Грузы, перевозимые с соблюдением процедуры МДП, как правило, освобождаются от таможенного досмотра в промежуточных таможенных и освобождаются от уплаты или депозита ввозных или вывозных пошлин и сборов в промежуточных таможенных.

### Габаритные ограничения в странах Европейского союза на транспортные средства, м

Автотранспортные средства, параметр	Габаритные размеры		
	Высота	Ширина	Длина
Автомобиль, прицеп	4	2,55	12
Полуприцеп	4	2,55	13,6
Автопоезд с прицепом	4	2,55	18,75
Автопоезд с полуприцепом	4	2,55	16,5
Грузовая платформа автомобиля и прицепа	—	—	15,65
Расстояние от седла до угла переднего борта полуприцепа	—	—	2,04
Расстояние от седла до заднего борта полуприцепа	—	—	12
Расстояние между бортами автомобиля и прицепа, не менее	—	—	0,35
Транспортное средство с изотермическим кузовом	4	2,6	—

К международной перевозке грузов под таможенными печатями и пломбами могут допускаться только транспортные средства, грузовые отделения которых сконструированы и оборудованы таким образом, чтобы грузы не могли извлекаться из опечатанной

Таблица 11.6

### Ограничения в странах Европейского союза по общей массе, т

Число осей	Тип транспортного средства		
	Автомобиль	Прицеп	Седельный автопоезд
Одна	—	10	—
Две	18	18	—
Три	25 (26)*	24	28
Четыре	30 (32)*	—	36 (38)**
Пять и более	—	—	40 (44)***

\* Для транспортных средств с пневмоподвеской.

\*\* При расстоянии между осями полуприцепа свыше 1,8 м.

\*\*\* При перевозке ISO-контейнеров 3-осными тягачами.

## Ограничения в странах Европейского союза по осевой нагрузке, т

Число осей у тележки	Расстояние между соседними осями, м	Тип транспортного средства	
		Автомобиль	Прицеп, полуприцеп
Одна обычная	—	10	10
Одна ведущая	—	11,5	—
Две	До 1	11,5**	11
	1...1,3	16**	16
	1,3... 1,8	18 (19)*	18
	Свыше 1,8	—	20
Три	До 1,33	—	22
	Свыше 1,3	—	24

\* Для транспортных средств с пневмоподвеской.

\*\* Для тележки с ведущими осями.

части транспортного средства или загружаться туда без оставления видимых следов взлома или повреждения таможенных печатей и пломб, а также чтобы таможенные печати и пломбы могли налагаться простым и надежным способом. Транспортные средства не должны иметь потайных мест для сокрытия груза, и все места, в которые могут помещаться грузы, должны быть легко доступны для таможенного досмотра.

Страны, вошедшие в Конвенцию МДП, создают гарантийные объединения, которым предоставляется право выдавать книжки МДП и предоставлять гарантии для лиц, использующих процедуру МДП. В Российской Федерации гарантийным объединением, выдающим книжки МДП, является Ассоциация международных автомобильных перевозчиков (АСМАП).

На транспортных средствах, выполняющих перевозки на основе операции МДП, сзади и спереди прикрепляются прямоугольные таблички с надписью «TIR», что соответствует русскому сокращению МДП.

### Контрольные вопросы

1. Что называют логистикой? Каковы особенности лесотранспортной логистики?
2. Каковы цели логистики? Дайте характеристику логистическим цепям.
3. Как формируется лесной грузопоток?



4. Что называют каналами распределения в лесотранспортной логистике?
5. Что такое логистический цикл? Каковы задачи анализа логистических циклов?
6. Как рассчитывают сроки доставки груза по видам транспорта?
7. Дайте характеристику эксплуатационных показателей автомобильного подвижного состава.
8. Каковы требования к погрузке лесоматериалов на железнодорожный подвижной состав? Что представляют собой железнодорожные габариты?
9. Каковы требования к погрузке круглого леса на железных дорогах?
10. Как формируют пакеты пиломатериалов? Каковы требования к погрузке?
11. Перечислите основные эксплуатационные показатели железнодорожного транспорта.
12. Из чего складываются сроки погрузки и выгрузки железнодорожных вагонов?
13. Каковы особенности международных перевозок лесоматериалов?
14. Что означают базисные условия поставок «Инкотермс»?
15. Как организуется фитосанитарный контроль лесоматериалов?
16. Перечислите основные условия международных перевозок лесоматериалов автомобильным транспортом.
17. Что представляет собой конвенция МДП, каковы ее цели и особенности?

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

При проектировании, строительстве и эксплуатации лесовозных дорог необходимо соблюдать требования охраны окружающей среды. В законе об охране окружающей природы в качестве объектов, подлежащих охране, указываются земли, воды, недра, типичные ландшафты, редкие и достопримечательные природные объекты, курортные местности, животный мир и атмосферный воздух.

Дороги как линейные сооружения оказывают большое влияние на окружающую среду. Занимая большую территорию (4...6 га на 1 км), дороги снижают ежегодный прирост древесины в лесном массиве на 16...20 м<sup>3</sup> на 1 км дороги.

Построенная дорога нарушает естественные водный и тепловой режимы местности, прерывает пути миграции животных, загрязняет окружающую местность отработавшими газами, противопыльными и противогололедными препаратами, повышает опасность загорания лесов, нарушает устойчивость склонов местности, нарушает вид живописных природных ландшафтов. В районе прохождения дороги ухудшается фотосинтез у деревьев и растений из-за покрытия хвои и листьев налетом сажи и пыли. Движение транспортных средств сопровождается шумом, который особенно вреден в период появления потомства у лесного животного мира и птиц, а также на дорогах, проходящих в местах, используемых для рекреации.

Требования охраны окружающей среды должны учитываться на всех этапах при проектировании дороги, строительстве и эксплуатации. Проекты на строительство и реконструкцию лесозаготовительных предприятий наравне с техническими разделами должны содержать специальный раздел «Охрана окружающей среды».

**Снижение ущерба от изъятия земель.** При прокладке трассы лесовозной дороги необходимо предусматривать меры по уменьшению и возмещению ущерба от изъятия земель. Для уменьшения ущерба от изъятия земель для прокладки дорог при прочих равных условиях необходимо выбирать варианты, при которых трасса проходит по малоценным землям. Трассу дорог по возможности необходимо прокладывать по имеющимся в лесном массиве просекам,

совпадающим с направлением дороги, — кварталным, проложенным для высоковольтных линий, газо-, нефтепроводов, вдоль железных дорог, использовать противопожарные разрывы.

Для сокращения площадей, занимаемых под дорогу, следует применять более крутое заложение откосов (1:1,5); на дорогах низких категорий использовать односторонние резервы; более широко использовать сосредоточенные резервы в стороне от дороги на неудобных землях, полянах, вырубках; на дорогах, проходящих в широтном направлении, сокращать ширину просеки несимметричным размещением дороги в просеке.

Все организации, осуществляющие строительство, связанное с нарушением почвенного покрова, обязаны за свой счет приводить их в состояние, пригодное для использования в сельском или лесном хозяйстве. Для этого по окончании строительства нарушенные земли необходимо рекультивировать. С этой целью при строительстве необходимо снимать и хранить природный слой почвы, а затем наносить его на рекультивируемые и малопродуктивные земли. При строительстве дорог — это притрассовые земли, сосредоточенные резервы, карьеры, из которых взят грунт или каменные строительные материалы для строительства дороги, откосы карьеров, бросовые участки дорог, подъездные пути, кавальеры и др. Снятие растительного слоя выполняют бульдозером или скрепером. Отвалы почвенного слоя разрабатываемых карьеров лучше всего размещать в выработанном пространстве карьера. Снимаемый грунт временно может храниться на борту карьера или вне контура карьера на прилегающей территории. На пашнях растительный грунт, получаемый при расчистке полосы отвода, размещают в виде валов или отвалов за границей полосы отвода. При снятии растительного слоя он не должен перемешиваться с нижележащими слоями грунта, чтобы не ухудшать его агротехнические свойства. При прокладке дороги по лесной территории работы по рекультивации усложняются. Работы по снятию растительного слоя совмещаются с корчевкой пней, и снятый растительный грунт перемешивается с мелкими пнями, корнями, минеральным грунтом.

Рекультивация осуществляется в два этапа: геотехническом и биологическом. Геотехнический этап рекультивации заключается в подготовке территории, планировке отвалов с приданием им форм, пригодных для использования, создании подъездных путей, надвигании плодородных грунтов, при этом глубина корнеобитаемого горизонта должна обеспечивать произрастание древесно-кустарниковой растительности, для чего оборудуют необходимые мелиоративные, гидротехнические, противоэрозионные сооружения.

В зависимости от целевого назначения рекультивируемых площадей, от вида и свойств грунта в целях предотвращения эрозии

уклоны поверхности не должны превышать 2° при подготовке площадей под пашню и 4° при подготовке площадей под сенокос или пастбище. При подготовке площадей для лесохозяйственного использования уклоны в направлении рядов лесных культур могут быть до 3°, а перпендикулярно рядам — до 10° при одновременном проведении противоэрозионных мероприятий.

Биологическая часть рекультивации заключается в восстановлении нарушенных земель и их плодородия путем выращивания сельскохозяйственных культур или посадки древесных культур. При этом необходимо соблюдать определенную последовательность и учитывать факторы, влияющие на успех рекультивации: механический состав грунта, кислотность, содержание питательных веществ, а также форму отвалов.

В первую очередь для предупреждения эрозии высевают малотребовательные культуры с большой растительной массой: тимopheевка — 5 кг/га; овсяница — 25 кг/га; житняк — 20 кг/га; костра — 25 кг/га. Остальные культуры высевают после восстановления плодородия почвы.

**Уменьшение отрицательного влияния дорог на водный режим местности.** При неправильном проектировании и отсутствии достаточного количества водопропускных сооружений и канав дорога становится препятствием для стока воды, и значительные территории начинают заболачиваться. Во избежание этого при проектировании дорог в районе, где намечаются осушительные работы, необходимо увязывать систему водоотводных мероприятий с мелиоративной сетью. Если осушительная сеть проектируется после строительства дороги, то необходимо предусматривать использование дорожных канав в качестве осушителей или собирателей с соответствующим их углублением или уширением и включать их в общую систему каналов. Если дорога проектируется по участку с уже построенной осушительной сетью, отметки дна дорожных водоотводных канав должны быть увязаны с отметками каналов осушительной сети, и при этом необходимо предусматривать соединение дорожных канав с ближайшими осушителями или собирателями.

При пересечении дорогой оврага необходимо одновременно с устройством водопропускного сооружения предусмотреть мероприятия по закреплению оврага как с верховой, так и с низовой стороны. Иногда целесообразно насыпь земляного полотна в овраге устраивать в виде плотины с водосливом или косогорной трубой для создания пруда выше плотины. В лесу такие пруды являются противопожарными водоемами, обеспечивают водой животных.

Особо опасным может оказаться воздействие сточных вод с поверхности дороги на окружающую среду. Сточные воды составляют дождевой, талый и поливочный стоки, загрязненные части-

цами отработавших газов, противогололедными солями, пылью, маслами, горючим. Особо опасно воздействие сточных вод на поверхностные воды, в результате которого на поверхности образуется нефтяная пленка, препятствующая поступлению в воду кислорода. В то же время вредные вещества, находящиеся в пленке, окисляясь, сами потребляют кислород, растворенный в воде. Поэтому дефицит кислорода в водоемах постоянно растет, что приводит к гибели фауны, замедлению и даже прекращению процесса биологического самоочищения водоемов.

#### **Уменьшение отрицательного влияния дорог на животный мир.**

Построенные дороги преграждают традиционные привычные пути миграции животных, отдаляя их места обитания от мест питания, водопоя, охоты и нарушая этим экологическое равновесие в природе. Следуя традиционными путями, дикие животные выходят на дорожное полотно и создают аварийную ситуацию.

В таких местах необходимо устанавливать предупреждающие знаки и знаки снижения скорости, специальные щиты, разъясняющие водителям ситуацию и указывающие особенно опасные периоды и необходимость снижать скорость движения. Животные переходят дорогу, как правило, с 18 часов вечера до 6 часов утра, поэтому на особо опасных участках устанавливают специальные металлические рефлекторы. Отражающийся от них свет фар отпугивает животных. Чтобы не ослеплять водителей, рефлекторы отражают свет фар автомобилей поперек дороги. В местах интенсивной миграции животных следует создавать специальные ограждения в виде заборов высотой 2,5 м.

При выполнении строительных работ по лесу разносится шум, что является крайне неблагоприятным фактором в период, когда у лесных зверей появляется потомство.

В этот период следует по возможности выполнять дорожно-строительные работы на открытых участках или на таких лесных территориях, где животный мир немногочислен.

**Уменьшение влияния шума и загазованности.** При проектировании лесовозных дорог следует обходить населенные пункты. Если это невозможно, необходимо принимать меры для снижения шума от движения автотранспорта. Интенсивность транспортного шума зависит от скорости и интенсивности движения. Особенно шумность возрастает при движении на подъем тяжелых автопоездов. Наименьший шум соответствует скорости движения легковых автомобилей 60...75 км/ч, а грузовых около 50 км/ч. Следовательно, ограждаемый от шума участок должен быть огражден знаками, требующими соблюдения этой скорости движения. Внешний шум грузовых автомобилей не должен превышать 92 дБ А. Ограничение уровня шума двигателей автомобилей по требованиям стран Европейского союза, согласно правилам ЕЭК ООН № 51, приведено в табл. 12.1.

**Ограничение уровня внешнего шума по правилам ЕЭК ООН, дБ А**

Мощность двигателя, кВт	Год выпуска автомобиля		
	До 1991 г.	1991 — 1995 гг.	С 1996 г.
Менее 75	86	81	77
75 ... 150	86	83	79
Свыше 150	88	84	80

Допустимый уровень шума у домов составляет 30... 40 дБ А. На ровной открытой поверхности ослабление звука составляет 2,8 дБ А на 100 м, на вспаханной поверхности или траве 3,3 дБ А, при высокой и густой траве 6,6 дБ А и при кустарнике 10... 16,5 дБ А. Узкая полоса леса и кустарника даже значительной плотности снижает уровень шума всего на 5... 15 дБ А.

Уровень шума транспортного потока на расстоянии 7 м от крайнего ряда потока автомобилей, в которых доля грузовых составляет 60 %:

$$L_7 = 46 + 11,8 \lg N + D,$$

где  $N$  — интенсивность движения автомобилей (в пределах 10—300), авт./ч;  $D$  — сумма поправок, учитывающих отклонение от средних, типичных условий, для лесовозных дорог — 6... 8 дБ А.

Снижение шума от транспортного потока в воздушной среде на ровной местности может быть определено по зависимости

Таблица 12.2

**Предельно допустимые уровни шума, дБ А**

Характер территории	Время суток	
	С 23 до 7 часов	С 7 до 23 часов
Селитебные зоны населенных мест	45	60
Промышленные территории	55	65
Зоны массового отдыха и туризма	35	50
Санитарно-курортные зоны	30	40
Территории сельскохозяйственного назначения	45	50
Территории заповедников и заказников	30	35

$$L_l = L_7 - 20 \frac{l-7}{7},$$

где  $L_l$  — уровень шума на расстоянии от крайнего ряда потока автомобилей  $l$ , м.

Предельно допустимые уровни шума приведены в табл. 12.2, а величины снижения уровня шума различными типами зеленых насаждений приведены в табл. 12.3.

**Учет влияния токсичных выделений на окружающую среду.** Во время движения автомобилей происходит выброс токсичных веществ в окружающую среду. Наиболее опасными из них являются оксид углерода (угарный газ)  $\text{CO}$ , оксиды азота  $\text{NO}_x$ , углеводороды (пары бензина)  $\text{C}_n\text{H}_m$ , соединения свинца. При сгорании 1 т бензина выделяется  $\text{CO}$  — 45,6 кг,  $\text{CH}$  — 23 кг,  $\text{NO}$  — 16 кг,  $\text{SO}_2$  — 1,86 кг и альдегидов — 0,93 кг. При сгорании 1 т дизельного топлива вредных веществ (особенно  $\text{CO}$ ) выделяется значительно меньше: соответственно 21; 4; 18,8 и 0,78 кг, но дыма и соответственно сажи в 10 раз больше. Следует отметить, что такая составляющая отработавших газов, как  $\text{CO}$ , усваивается кровью в 200 раз быстрее, чем кислород. Выброс, состав и распространение

Таблица 12.3

**Величины снижения уровня шума зелеными насаждениями**

Состав посадок	Ширина посадок, м	Снижение уровня шума за полосой, дБ А, при интенсивности движения, авт./ч			
		до 60	200	600	1 200
Три ряда лиственных пород с кустарником или подлеском	10	6	7	8	8
Четыре ряда лиственных пород с двухъярусным кустарником	15	7	8	9	9
Четыре ряда хвойных пород шахматной посадки с двухъярусным кустарником	15	13	15	17	18
Пять рядов лиственных пород с кустарником	20	8	9	10	11
Пять рядов хвойных пород с кустарником	20	14	16	18	19
Шесть рядов лиственных пород с кустарником	25	9	10	11	12

## Ограничения по токсичности отработавших газов дизелей

Стандарт, программа	Уровень выбросов, г/(кВт·ч)			
	СО	$C_nH_m$	$NO_x$	Твердые частицы
Евро-1 (серийный тип с 01.07.1992)	4,9	1,23	9,0	0,4
Евро-1 (новый тип с 01.10.1993)	4,5	1,1	8,0	0,36
Евро-2 (с 1996 г.)	4,0	1,1	7,0	0,15
Евро-3 (с 2000 г.)	2,0	0,6	5,0	0,1
ОСТ 37.001.2345—81	9,5	3,4	18,35	0,8
Государственная программа ВЭЧТ—2000	4,9	1,2	5,0	0,1

Примечание. СО — оксид углерода;  $C_nH_m$  — углеводороды;  $NO_x$  — оксиды азота.

отработавших газов существенно зависят от режима работы двигателя, технического состояния и интенсивности движения автотранспорта, продольного профиля дороги, скорости движения, типа и состояния дорожного покрытия, направления и скорости ветра.

На подъемах концентрация угарного газа в 2—2,5 раза выше, чем на горизонтальных участках. В лесных массивах значительно меньшую загазованность имеют участки дорог, проложенные по направлению господствующих ветров.

Значительная загазованность наблюдается на территориях гаража, ремонтных мастерских.

Требования стран ЕС по ограничению токсичности отработавших газов дизелей по Правилу № 49 ЕЭК ООН и по требованиям ОСТ и государственной программе ВЭЧТ 2000 приведены табл. 12.4.

При проектировании лесозаготовительных предприятий необходимо учитывать мероприятия, обеспечивающие концентрацию вредных выбросов в атмосферный воздух в соответствии с нормами предельно допустимых выбросов, которые составляют, мг/м<sup>3</sup>, не более: диоксида азота — 0,085; оксида углерода — 3,0; формальдегида — 0,035; ксилола — 0,2; толуола — 0,6.

Влияние всех составляющих экологического воздействия происходит одновременно, поэтому экологическую безопасность дороги принято определять коэффициентом экологической безопасности дороги, который определяют по формуле

$$K_3 = \frac{C_{т.в}}{ПДК_{т.в}} \frac{L}{L_{доп}} \frac{K_{max}}{K_{ПДК}} \frac{C_{т.м}}{ПДК_{т.м}} \leq 1,$$



где  $C_{т.в}$  — фактическая концентрация токсичных веществ отработавших газов, мг/м<sup>3</sup>; ПДК<sub>т.в</sub> — предельно допустимая концентрация токсичных веществ отработавших газов, мг/м<sup>3</sup>;  $L$  — фактическое значение уровня шума от движущегося транспорта, дБ А;  $L_{доп}$  — допустимое значение уровня шума от движущегося транспорта;  $K_{max}$  — максимальное содержание взвешенных частиц в поверхностном стоке, мг/л;  $K_{пдк}$  — предельно допустимое содержание взвешенных частиц в поверхностном стоке, мг/л;  $C_{т.м}$  — фактическая концентрация тяжелых металлов в почве, мг/кг; ПДК<sub>т.м</sub> — предельно допустимая концентрация тяжелых металлов, мг/кг.

**Пожарная безопасность.** Дорога представляет собой опорную линию для остановки и локализации лесного пожара. Особенно она эффективна для остановки низовых пожаров. Кроме того, дорога позволяет быстро доставить рабочих для борьбы с пожарами. Для надежного выполнения этой функции дорожная просека должна быть очищена от захламления остатками древесины и на ней должны быть дополнительно проложены минерализованные полосы. Узкая дорожная полоса не останавливает верховой пожар. Для локализации верховых пожаров вдоль дорожных просек необходимо создавать полосы из древостоев с преобладанием лиственных пород шириной до 300 м.

**Эстетика местности.** При проектировании всех элементов дороги необходимо учитывать все вопросы, связанные с антропогенным воздействием дорог на окружающую среду. Для эстетического восприятия трасса дороги как пространственная кривая должна плавно вписываться в естественные изгибы местности.

Плавные кривые большого радиуса хорошо вписываются в окружающую среду, выделяя естественную красоту северного леса, в то же время обеспечивая безопасность движения. Плавность трассы пространственной кривой достигается совмещением поворотов в плане с переломами продольного профиля. Прямая лесная просека не эстетична и нарушает нормальную жизнь леса.

Вход дороги в лесной массив следует устраивать на кривых или под углом к границе насаждения так, чтобы перед водителем не открывалась сквозная просека неприглядного вида. Просеки должны быть переменной ширины так, чтобы вместе с впадинами, выступами и дополнительными насаждениями создавали красивую линию опушки. Групповые посадки, разбросанные вдоль дороги, создают ощущение широты и красоты пейзажа, рассеивают утомление. Эти посадки не должны иметь строгих геометрических форм. Насаждения на внешней стороне кривых облегчают ориентировку, а на внутренней уменьшают видимость и создают неблагоприятные условия для движения. Группы деревьев, растущих у подножия насыпи, снимают ощущение высоты и ослабляют чувство неуверенности у водителя.

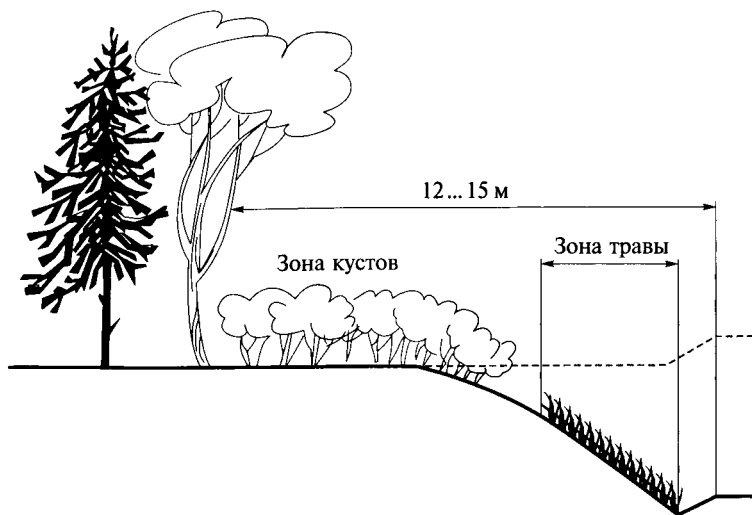


Рис. 12.1. Размещение растительности у дороги

В целях создания эстетически благоприятного вида в выемках на откосах следует предусматривать посев травы и посадку мелко-го кустарника в пределах полосы отвода или до стены растущего леса (рис. 12.1).

В сухих карьерах и резервах необходимо после рекультивации предусматривать посадку деревьев, при высоком стоянии грунтовых вод в карьерах целесообразно устраивать красивые пруды. Для сохранения природной среды съезды автомашин с дорог на лесную территорию должны быть запрещены, а при необходимости должны быть запроектированы специальные площадки отдыха.

### Контрольные вопросы

1. Почему необходимо учитывать экологические и эстетические требования при строительстве лесовозных дорог?
2. Какие экологические требования необходимо выполнять при разработке карьеров и резервов?
3. Каковы мероприятия по уменьшению отрицательного влияния дорог на животный мир?
4. Как определяют шумность транспортного потока и каковы мероприятия по уменьшению шумности и загазованности?
5. Как учитывают токсичные выделения транспорта и их влияние на окружающую среду?
6. Как определяют коэффициент экологической безопасности дороги?
7. Каковы основные правила проектирования и строительства дороги для эстетического восприятия?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андрианов Ю. С.* Вывозка лесоматериалов самогружающимися автотопоездами : учеб. пособие / Ю. С. Андрианов. — Йошкар-Ола : Изд-во МарГТУ, 2001. — 98 с.
2. *Бабков В. Ф.* Проектирование автомобильных дорог : в 2 ч. / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. — М. : Транспорт, 1987. — Ч. 1. 368 с.; Ч. 2. 415 с.
3. *Борозна А. А.* Состояние и проблемы развития лесного комплекса : учеб. пособие / А. А. Борозна, Э. О. Салминен. — СПб. : Изд-во СПбГЛТА, 2004. — 40 с.
4. *Вырко Н. П.* Сухопутный транспорт леса / Н. П. Вырко. — Минск : Вышэйш. шк., 1987. — 437 с.
5. *Ильин Б. А.* Теория лесотранспорта / Б. А. Ильин, Э. О. Салминен. — СПб. : Изд-во ЛТА, 1992. — 187 с.
6. *Ильин Б. А.* Теоретические основы проектирования организации строительства лесных дорог : учеб. пособие / Б. А. Ильин. — СПб. : Изд-во ЛТА, 1992. — 192 с.
7. *Ильин Б. А.* Теоретические основы эксплуатации лесовозно-лесохозяйственных дорог : учеб. пособие / Б. А. Ильин. — СПб. : Изд-во ЛТА, 1994. — 160 с.
8. Инструкция по проектированию, строительству, содержанию и эксплуатации зимних лесовозных дорог и ледяных переправ. — Архангельск : Изд-во СевНИИП, 1989. — 112 с.
9. *Кожухов Н. И.* Лесной сектор экономики — на пути в XXI век / Н. И. Кожухов, Б. П. Маслий. — М. : Изд-во МГУЛ, 1999. — 167 с.
10. *Кувалдин Б. И.* Охрана окружающей среды при проектировании, строительстве и эксплуатации лесовозных и лесохозяйственных дорог / Б. И. Кувалдин. — М. : Изд-во МЛТИ, 1984. — 68 с.
11. Лесоэксплуатация : учебник / [В. И. Пятякин, Э. О. Салминен, Ю. А. Бит и др.] ; под ред. В. И. Пятякина. — М. : Издательский центр «Академия», 2006. — 320 с.
12. Международные перевозки лесопродукции : учеб. пособие / [Э. О. Салминен, М. М. Овчинников, Ю. А. Бит, А. А. Борозна] ; под ред. Э. О. Салминена. — СПб. : ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. — 368 с.
13. Международное транспортное и таможенное право России : учеб. пособие / [Э. О. Салминен, А. А. Борозна, Ю. К. Икаев, Т. П. Икаева]. — СПб. : ПРОФИКС, 2007. — 160 с.
14. ОДН 218.010—98. Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ / ФДС России. — М., 1998.
15. ОНТП 02—85. Общесоюзные нормы технологического проектирования лесозаготовительных предприятий. — М. : Минлеспром, 1989. — 217 с.

16. Павлов Ф. А. Организация дорожного строительства на лесозаготовках / Ф. А. Павлов, А. С. Вишняков. — М. : Лесная промышленность, 1984. — 224 с.

17. Правила технической эксплуатации автомобильных лесовозных дорог. — М. : Лесная промышленность, 1988. — 55 с.

18. Правила технической эксплуатации узкоколейных железных лесовозных дорог. — М. : Лесная промышленность, 1981. — 109 с.

19. Проектирование автомобильных дорог : справочник инженера-дорожника / под ред. Г. А. Федотова. — М. : Транспорт, 1989. — 487 с.

20. Салминен Э. О. Лесопромышленная логистика : учеб. пособие / Э. О. Салминен, А. А. Борозна, Н. А. Тюрин. — СПб. : ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. — 264 с.

21. Салминен Э. О. Экспорт лесопродукции : справочное пособие / Э. О. Салминен, Ю. А. Бит, А. А. Борозна. — СПб. : ПРОФИ-ИНФОРМ, 2004. — 504 с.

22. Сильянов В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог / В. В. Сильянов. — М. : Транспорт, 1984. — 287 с.

23. Смирнов М. Ю. Весовой контроль на автомобильных дорогах : учеб. пособие / М. Ю. Смирнов, Ю. С. Андрианов. — Йошкар-Ола : Изд-во МарГТУ, 2002. — 118 с.

24. СНИП 2.05.07—91. Промышленный транспорт. — М. : Стройиздат, 1996. — 153 с.

25. СНИП 2.05.02—85. Автомобильные дороги. — М. : Госстрой СССР, 1985. — 153 с.

26. Справочник дорожного мастера. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог / под ред. С. Г. Цупикова. — М. : Инфа-Инженерия, 2005. — 928 с.

27. Сухопутный транспорт леса : учебник / [В. И. Алябьев, Б. А. Ильин, Б. И. Кувалдин, Г. Ф. Грехов] ; под ред В. И. Алябьева. — М. : Лесная промышленность, 1990. — 416 с.

28. Транспортные системы, пути и перевозки лесопродукции : в 3 т. — Т. 1 : Транспортные системы : учеб. пособие для вузов / [Ф. А. Павлов, Г. А. Калинин, Я. Ф. Молнар, М. О. Соколов] ; под ред. Ф. А. Павлова. — Архангельск : Изд-во АГТУ, 2001. — 302 с.

29. Транспортные системы, пути и перевозки лесопродукции : в 3 т. — Т. 2 : Лесовозные дороги : учеб. пособие для вузов / [Ф. А. Павлов, Г. А. Калинин, Я. Ф. Молнар, М. О. Соколов] ; под ред. Ф. А. Павлова. — Архангельск : Изд-во АГТУ, 2001. — 352 с.

30. Транспортные системы, пути и перевозки лесопродукции : в 3 т. — Т. 3 : Перевозки лесопродукции : учеб. пособие для вузов / [Ф. А. Павлов, Г. А. Калинин, Я. Ф. Молнар, М. О. Соколов] ; под ред. Ф. А. Павлова. — Архангельск : Изд-во АГТУ, 2001. — 496 с.

31. Чернякевич В. И. Организация и технология строительства автомобильных дорог : учеб. пособие / В. И. Чернякевич, Н. Н. Пушкаренко. — Йошкар-Ола : Изд-во МарГТУ, 2004. — 112 с.

Предисловие .....	3
<b>Глава 1. Виды и особенности сухопутного транспорта леса</b> .....	<b>5</b>
1.1. Основные понятия и определения транспорта и его видов .....	5
1.2. Особенности сухопутного транспорта леса .....	8
1.3. Классификация лесовозных дорог .....	9
1.4. Основные этапы развития сухопутного транспорта леса .....	15
<b>Глава 2. Лесотранспортный процесс лесопромышленных предприятий</b> .....	<b>18</b>
2.1. Лесотранспортные системы и транспортные потоки .....	18
2.2. Элементы лесотранспортной сети и их назначение .....	19
2.3. Технологическая и организационная структура процесса транспорта древесины .....	21
2.4. Транспортно-технологические схемы вывозки древесины и измерители работы транспорта .....	23
<b>Глава 3. Дорога и ее элементы</b> .....	<b>27</b>
3.1. Элементы плана дороги .....	27
3.2. Продольный профиль лесовозной дороги .....	30
3.3. Поперечный профиль земляного полотна .....	32
3.4. Дорожная одежда автомобильных дорог .....	35
3.5. Верхнее строение железнодорожного пути .....	38
<b>Глава 4. Теория движения лесовозных поездов</b> .....	<b>40</b>
4.1. Подвижной состав лесовозных автомобильных дорог .....	40
4.2. Подвижной состав лесовозных железных дорог .....	51
4.3. Погрузочно-разгрузочные средства .....	53
4.4. Силы, действующие на поезд .....	56
4.5. Уравнение движения поезда .....	72
4.6. Расчет полной массы и полезной нагрузки .....	75
4.7. Расчет скорости и времени движения лесотранспортных средств .....	78
4.8. Расчет допустимой скорости движения поездов на спусках .....	85
<b>Глава 5. Проектирование лесовозных дорог</b> .....	<b>90</b>
5.1. Организация проектирования в лесной отрасли .....	90
5.2. Выбор вида сухопутного транспорта леса и условия примыкания лесовозных дорог к транспортным магистралям .....	93
5.3. Выбор принципиальной схемы лесотранспортной сети .....	95
5.4. Обоснование оптимальных размеров арендуемой лесосырьевой базы .....	102
5.5. Размещение лесовозных дорог .....	105
5.6. Организация изысканий дорог .....	109

<b>Глава 6. Проектирование дорожного водоотвода</b> .....	113
6.1. Определение расчетного расхода воды .....	113
6.2. Расчет водопропускных труб .....	123
6.3. Гидравлический расчет моста .....	125
6.4. Расчет продольного водоотвода .....	129
<b>Глава 7. Обоснование норм проектирования лесовозных дорог</b> .....	134
7.1. Нормы проектирования лесовозных дорог .....	134
7.2. Проектирование плана лесовозных автомобильных дорог .....	138
7.3. Проектирование продольного профиля лесовозной автомобильной дороги .....	145
7.4. Проектирование земляного полотна лесовозных автомобильных дорог .....	149
7.5. Проектирование дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог .....	159
7.6. Временные лесовозные автомобильные дороги .....	174
7.7. Проектирование зимних лесовозных автомобильных дорог .....	177
7.8. Особенности проектирования лесовозных узкоколейных железных дорог .....	182
7.9. Основы автоматизированного проектирования лесовозных дорог .....	191
<b>Глава 8. Строительство лесовозных дорог</b> .....	200
8.1. Основы организации строительства лесовозных дорог .....	200
8.2. Методы организации дорожно-строительных работ .....	203
8.3. Подготовительные работы при строительстве лесовозных дорог ....	208
8.4. Строительство водопропускных труб и малых мостов .....	216
8.5. Строительство земляного полотна .....	222
8.6. Строительство дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог .....	242
8.7. Особенности строительства лесовозных усов .....	258
8.8. Строительство зимних лесовозных дорог и ледяных переправ .....	262
8.9. Особенности технологии строительства лесовозных узкоколейных железных дорог .....	265
8.10. Обустройство дороги и сдача в эксплуатацию .....	267
8.11. Проектирование организации строительства и производства работ .....	270
<b>Глава 9. Содержание и ремонт лесовозных дорог</b> .....	279
9.1. Основные задачи содержания и ремонта дорог .....	279
9.2. Теоретические основы эксплуатации лесовозных дорог .....	281
9.3. Показатели эксплуатационных качеств и надежности лесовозных дорог .....	284
9.4. Виды деформаций лесовозных дорог .....	288
9.5. Организация текущего содержания и ремонта лесовозных дорог .....	290
9.6. Особенности содержания и ремонта лесовозных узкоколейных железных дорог .....	307
<b>Глава 10. Организация вывозки древесины</b> .....	310
10.1. Определение потребного количества перевозочных средств .....	310
10.2. Определение оптимального запаса древесины на погрузочном пункте .....	313

10.3. Организация движения лесовозных поездов .....	315
10.4. Управление движением лесовозных поездов .....	318
10.5. Учет психофизиологических особенностей водителей при организации вывозки древесины .....	324
<b>Глава 11. Лесотранспортная логистика и организация перевозок лесоматериалов .....</b>	<b>327</b>
11.1. Цели и задачи лесотранспортной логистики .....	327
11.2. Логистические цепи .....	328
11.3. Формирование материалопотока .....	330
11.4. Каналы распределения .....	331
11.5. Перевозка лесоматериалов автомобильным транспортом .....	334
11.6. Перевозка лесоматериалов железнодорожным транспортом .....	337
11.7. Особенности международных перевозок лесоматериалов .....	346
11.8. Фитосанитарный контроль лесоматериалов .....	349
11.9. Условия международных перевозок лесоматериалов автомобильным транспортом .....	350
<b>Глава 12. Экологические и эстетические требования при строительстве лесовозных дорог .....</b>	<b>355</b>
Список литературы .....	364