

# ДОРОГИ И ТРАНСПОРТ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

(справочное пособие)

Под редакцией проф. И. И. Леоновича

925116

МИНСК  
«ВЫШЭЙШАЯ ШКОЛА»  
1979

ВОЛОДИМИРСКАЯ  
областная библиотека

6п6

~~ББК 43.0я2~~

~~Д 69~~

УДК ~~630.36/37~~ (035.5)

Авторы: *Леонович И. И., Вырко Н. П., Мартынихин В. Д., Матвейко А. П., Абрамович К. Б., Гайдук А. И., Давыдулин Г. Г., Лыщик П. А., Корин Г. С., Чупраков А. М.*

Рецензенты: кафедра «Транспорт леса» Львовского лесотехнического института (зав. кафедрой канд. техн. наук Н. А. Гайдар); *В. К. Курьянов*, канд. техн. наук зав. кафедрой «Транспорт леса и дорожно-строительные машины» Воронежского лесотехнического института

**Дороги и транспорт лесной промышленности:** Справ. Д 69 пособие [Леонович И. И., Вырко Н. П., Мартынихин В. Д. и др.]; Под ред. И. И. Леоновича.—Мн.: Выш. школа, 1979.—416 с., ил.

В пер.: 2 руб.

В справочном пособии освещены вопросы техники и технологии первичного транспорта леса, методы проектирования дорожно-транспортной сети лесозаготовительных предприятий, лесовозных автомобильных, железных дорог и канатных лесотранспортных систем. Изложены вопросы организации строительства лесовозных дорог и условия применения дорожно-строительной техники и оборудования.

Пособие рассчитано на работников, занятых проектированием, строительством и эксплуатацией лесовозных дорог, а также студентов вузов лесоинженерного профиля.

31502—176  
Д М 304(05)—79 100—79

3905010000

ББК 43.9 я2  
6П6.2

© Издательство «Вышэйшая школа», 1979

## ОТ АВТОРОВ

Издание литературы по проблемам лесной промышленности обусловлено разнообразием вопросов, которые ставит современная теория и практика, постоянным обновлением техники и технологии производства, возрастающими требованиями к качеству продукции и эффективности труда, интересами инженерно-технических работников и студентов.

Известны «Справочник изыскателя лесозаготовительных предприятий» В. М. Амолицкого, С. Е. Дорина, В. В. Протанского и С. А. Сыромятникова (1955); «Лесопромышленный справочник» С. Х. Будыки и А. Ф. Тихонова (1962); Справочник «Лесозаготовки. Сухопутный транспорт леса» под редакцией Б. А. Дорохова (1962); «Справочник мастера лесозаготовок» под редакцией В. А. Гацкевича (1971) и др.

Однако изменились многие нормативные положения, лесная промышленность пополнилась новыми машинами и механизмами, более современными стали технологические процессы при выполнении дорожно-строительных и транспортных работ. На предприятиях лесной промышленности возникла необходимость в специализации инженерного труда — четко обозначились функции технолога, механика, строителя, экономиста.

Настоящее справочное пособие охватывает круг вопросов, связанных с проектированием, строитель-

ством и эксплуатацией лесовозных дорог, а также с организацией транспорта леса. Кроме справочных материалов, в нем содержится значительное количество аналитических и графических зависимостей, номограмм и методических указаний. Численные значения, формулы и зависимости приведены в основном в международной системе единиц измерения и лишь отдельные величины — в других системах или во внесистемных единицах.

Справочное пособие написано коллективом авторов Белорусского технологического института имени С. М. Кирова: введение — И. И. Леоновичем, гл. 1 — А. П. Матвейко, 2 — И. И. Леоновичем и А. М. Чупраковым, 3 и 5 — Н. П. Вырко, 4 — А. И. Гайдуком, 6 — В. Д. Мартынихиным, 7 — Г. Г. Давыдулиным и И. И. Леоновичем, 8 — Г. С. Кориным, 9 — К. Б. Абрамовичем, гл. 10 — П. А. Лыщиком и К. Б. Абрамовичем. Пособие рассчитано на работников, занятых проектированием, строительством и эксплуатацией лесовозных дорог, а также студентов высших учебных заведений лесоинженерного профиля.

Отзывы и критические замечания просим направлять по адресу: 220048, Минск, Парковая магистраль, 11, издательство «Вышэйшая школа».

## ВВЕДЕНИЕ

---

Советский Союз обладает огромными лесными богатствами. На площади, превышающей 1230 млн. га, произрастают насаждения, различные по возрасту, бонитету, породному составу и техническим свойствам. Базируясь на достаточном количестве лесосырьевых ресурсов, в СССР интенсивно развивается лесная промышленность. За годы девятой пятилетки основные фонды предприятий лесной промышленности увеличились на 1,6 млрд. руб. Общий объем производства вырос на 17%. Проведена значительная работа по рациональному использованию древесного сырья. Выпуск древесных плит возрос почти в два раза, технологической щепы более чем в два, а технологических дров на 35%. За счет этого удалось увеличить реальные ресурсы деловой древесины на 15 млн. м<sup>3</sup>.

Последовательно проводилась политика перемещения центра тяжести лесозаготовок на Урал. В многолесных районах севера Сибири и Дальнего Востока объемы рубок увеличились на 6 млн. м<sup>3</sup>. Появилась возможность в лесодефицитных районах страны сократить рубки, приблизив их к уровню расчетной лесосеки, улучшить ведение лесного хозяйства.

Произошли существенные изменения в технологии и организации производства. На базе леспромпхозов стали создаваться производственные лесозаготовительные объединения. Погрузка древесины на верхних складах полностью отделена от трелевки, производится она лесопогрузчиками ПЛ-1А, ПЛ-2, ПЛ-3 (рис. В.1) и др. Получили распространение укрупненные лесозаготовительные бригады и работа вахтовым методом по трехсменному режиму. Путем совершенствования производства в лесной промышленности удалось высвободить более 20 тыс. человек производственного персонала. Выработка товарной продукции на одного рабочего выросла на 22,5%, а производительность — на 14,2%. Энерговооруженность труда на лесозаготовках возросла до 23 кВт, а уровень механизации труда на основных работах достиг 40,5%. Комплексная годовая выработка на одного рабочего в 1970 г. составляла 509,6 м<sup>3</sup>, в 1975 г. — 560, а в 1978 г. — 546 м<sup>3</sup>.

Работа лесной промышленности тесно связана с сухопутным транспортом леса, на который расходуется до 40% капиталовложений, выделяемых лесозаготовительной отрасли. Дорожно-транспортная составляющая стоимости лесопродукции достигает 45%. Об

объемах работы сухопутного транспорта можно судить по данным табл. В.1.

В силу особенностей географических условий, различий климата и рельефа местности, неодинакового экономического потенциала отдельных районов и других факторов для перевозки древесины применяются различные виды сухопутного транспорта леса — автомобильный, железнодорожный, тракторный, канатный.



Рис. В.1. Погрузка леса челюстным погрузчиком ПЛ-2

В системе Минлеспрома СССР ведущее место занимает автомобильный транспорт леса (рис. В. 2). Около 85% заготавливаемой древесины (200 млн. м<sup>3</sup>/год) перевозится автомобилями, тягачами и автомобильными поездами. Общий объем перевозок превышает 600 млн. т, а грузооборот достигает 20 млрд. т·км. Интенсивному развитию автомобильного транспорта леса способствуют: сравнительная легкость организации лесозаготовительных предприятий на базе лесовозных автомобильных дорог, высокая маневренность транспортных машин по лесной территории, возможность использования для перевозки леса части дорог общего поль-

Табл. В.1. Объемы вывозки древесины в СССР, млн. м<sup>3</sup>

Годы	Вся древесина	Деловая древесина	Дрова
1971	384,8	298,4	86,4
1972	383,0	297,6	85,4
1973	387,6	304,2	83,4
1974	387,0	302,8	84,2
1975	394,6	312,9	81,7
1976	384,3	302,9	79,4
1977	389,0	315,0	74,0

зования, широкие возможности выделения для нужд лесозаготовок автомобилей и прицепного подвижного состава, серийно выпускаемых промышленностью. Развитие автомобильного транспорта леса создает благоприятные условия для обеспечения необходимых транспортных связей всем отраслям народного хозяйства.



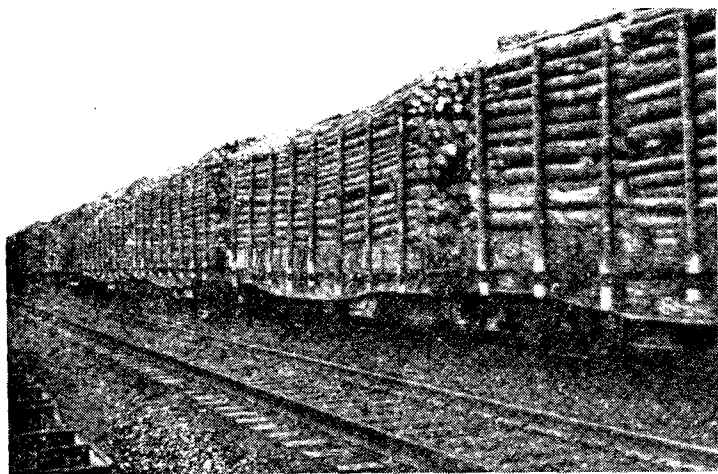
Рис. В.2. Вывозка леса автомобильным поездом КраЗ-255+ТМЗ-803

В настоящее время в лесной промышленности функционирует более 2,8 тыс. лесовозных автомобильных дорог. Протяженность их превышает 88,5 тыс. км. Объем вывозки по дорогам круглогодичного действия составляет 66,2% (гравийные и щебеночные 45,4%, железобетонные, бетонные, укрепленные вяжущими 10,5%, лежневые

Табл. В.2. Показатели работы лесовозного автомобильного транспорта

Показатели работы	Годы			
	1973	1974	1975	1977
Количество лесовозных автомобилей, тыс. шт.	22,2	22,1	21,8	20,6
Выработка на списочный автомобиль, тыс. м <sup>3</sup> /год	8,6	9,0	9,2	10,1
Производительность автомобиля, м <sup>3</sup> /смену	35,8	37,2	37,0	37,2
Среднее расстояние вывозки, км	36,9	38,2	39,3	39,0
Коэффициент технической готовности	0,71	0,71	0,71	0,72
Коэффициент использования пробега	0,52	0,52	0,52	0,53
Коэффициент сменности	1,46	1,51	1,57	1,62
Выработка на среднесписочную автопоездотонну, м <sup>3</sup> /год	19,7	21,0	22,2	24,4

10,3%); по дорогам, работа которых зависит от погодных условий (грунтовые, грунтовые улучшенные, зимние), 33,5% и по дорогам общего пользования 0,3%. Средний объем перевозимых грузов в расчете на одну лесовозную автомобильную дорогу составляет 100 тыс. м<sup>3</sup>/год. Если на дороге с железобетонным покрытием приходится более 260 тыс. м<sup>3</sup>/год, на неустроенные дороги — не более 75 тыс. м<sup>3</sup>/год. Другие показатели работы лесовозного автомобильного транспорта Минлеспрома СССР приведены в табл. В.2.



*Рис. В.3. Перевозка леса по железным дорогам МПС*

На втором месте по объему вывозимых грузов стоит же л е з н о д о р о ж н ы й транспорт. По железным дорогам узкой колеи перевозится около 12% заготовливаемой древесины. В ряде лесозаготовительных районов железнодорожный транспорт леса играет особо важную роль. Так, предприятия объединения Архангельсклеспром вывозят по узкоколейным железным дорогам 27% заготовливаемой древесины, Удмуртлес — 48,8, Новгородлес — 31, Горьклес — 28,3, Кировлеспром — 361, Костромалес — 30,4, Вологдалеспром — 23,2% и т. д. (данные за 1977 г.).

Парк локомотивов (тепловозы и мотовозы) на узкоколейных железных дорогах превышает 2,7 тыс. шт. Имеется также большое количество прицепного подвижного состава. Значительный объем перевозок осуществляется и по железным дорогам широкой колеи (рис. В.3).

К а н а т н ы й транспорт леса (рис. В.4) используется, как правило, в горной местности и служит для спуска древесины с крутых склонов, подтаскивания деревьев, хлыстов или сортиментов, а также для погрузки древесины на подвижной состав. В качестве основных средств применяются канатные установки УК-1Т, УК-1Р, УК-1С, УК-1А, ЛЛ-20, СТУ-ЗС и др. В Карпатах, на Кавказе и



в горных районах Алтая с помощью канатного транспорта осуществляется подвозка около 30% заготавливаемой древесины.

Кроме указанных видов сухопутного транспорта, при небольших расстояниях для вывозки леса применяются колесные тракторы (тягачи), для спуска древесины с гор — естественные лесоспуски, аэростаты и другие транспортные средства.

Сухопутный транспорт леса тесно связан со смежными фазами производства и вспомогательными службами — ремонтно-механическими мастерскими, заправочными станциями, гаражами и др. Связь с лесосечными работами выражается в выборе верхних складов, удобных в технологическом и транспортном отношении, в размещении подъездных транспортных путей, в организации первичного и магистрального транспорта, в технологии погрузки леса и др.

На нижнем складе сухопутный транспорт леса взаимодействует с разгрузочными устройствами, разделочными площадями, сортировочными транспортерами, автоматическими линиями и цехами по переработке древесины. Планомерное прибытие лесовозных поездов в пункты разгрузки обеспечивает четкую работу производственных звеньев нижнего склада и всего лесозаготовительного предприятия.

Связь сухопутного транспорта леса с работой транспорта общего пользования выражается в следующем. Вывозка леса автомобилями часто производится по дорогам общего пользования. Лесовозные автомобили вливаются в общий транспортный поток и создают помехи для автомобилей, имеющих более высокие скорости движения. С другой стороны, автомобили общего пользования часто направляются на лесовозные дороги с целью обеспечения транспортных связей с организациями и населенными пунктами, расположенными в зоне деятельности лесозаготовительного предприятия. Взаимосвязь между сухопутным транспортом леса и транспортом общего пользования (железнодорожным, автомобильным, речным и др.) имеется в пунктах перегрузки древесины, в местах примыкания лесовозных дорог к магистральным общего пользования. Эту взаимосвязь необходимо учитывать при изыскании, проектирова-



Рис. В.А. Многопролетная канатная лесотранспортная установка

нии, строительстве и эксплуатации лесовозных дорог, а также при организации транспорта леса.

За девятую пятилетку и истекшие годы десятой сухопутный транспорт леса получил дальнейшее развитие как в техническом, так и в организационном отношении. Лесозаготовительные предприятия пополнились большим количеством современных лесовозных автомобилей КраЗ-255Л, МАЗ-509, ЗИЛ-131 и др. Внедрение большегрузных автомобилей повысило производительность транспорта леса в среднем на 25%. Удельная мощность лесовозных автомобилей повысилась на 27%, а трелевочных тракторов — на 34%. Освоено производство узкоколейных тепловозов ТУ-6А и ТУ-7. Для нужд народного хозяйства вывезено более 1,5 млрд. м<sup>3</sup> древесины при среднем ежегодном грузообороте 25 млрд. т · км. Возросла производительность и комплексная выработка транспортных машин, улучшилось использование машин по мощности и времени.

Ежегодный объем дорожного строительства вырос на 20%, и удельная протяженность дорог в расчете на 1 млн. м<sup>3</sup> вывозимого леса увеличилась почти на 16%. Выросли объемы строительства лесовозных магистралей круглогодочного действия с улучшенными типами дорожных одежд — железобетонными, цементно-грунтовыми, грунтобитумными, гравийными и др. (табл. В.3). Произошли изменения в строительстве усов. Все чаще находят применение инвентарные дорожные покрытия — железобетонные плиты, щиты ЛД-5, ЛВ-11 и др. Всего за девятую пятилетку было введено в эксплуатацию магистралей и веток общей протяженностью 43,2 тыс. км и усов около 150 тыс. км.

Табл. В.3. Показатели строительства лесовозных дорог круглогодочного действия

Годы	Всего дорог, км	Автомобильные дороги	Из них			Узкоколейные железные дороги
			гравийные	лежневые	железобетонные	
1971	4142	3066	2592	267	207	1076
1972	4398	3400	3163	—	237	998
1973	4987	4060	3257	619	184	927
1974	5611	4608	3490	890	284	1000
1975	6000	5120	3834	960	326	880
Итого:	25138	20254	16336	2736	1182	4884
	100%	80,8	65,3	10,8	4,7	19,2

Для развития дорожно-транспортной сети действующих лесозаготовительных предприятий и транспортного освоения новых лесных массивов только Минлеспромом СССР было выделено более 500 млн. руб., в том числе около 40% за счет централизованных источников, 58% за счет себестоимости лесозаготовительной продукции и 2% за счет децентрализованных источников.

Однако в работе сухопутного транспорта леса имеется множество неиспользованных резервов. Необходимо темпы роста произ-

водительности труда (в среднем 3,5% в год) приблизить к росту заработной платы, шире использовать транспортные машины; повысить коэффициенты сменности, технической готовности, использования рабочего времени, пробега и удельный вес лесовозных дорог круглогодичного действия. Все это расширит возможности для внедрения автомобильных поездов большой грузоподъемности. Отсутствии необходимого задела в дорожном строительстве отрицательно сказывается на вводе новых производственных мощностей, на ритмичности работы лесозаготовительных предприятий, на эффективности использования имеющихся в лесной промышленности транспортных средств и лесозаготовительной техники.

В результате реализации плана десятой пятилетки сухопутный транспорт леса должен выйти на более высокий технический и организационный уровень. На вывозке будут применяться автомобили с мощностью двигателя до 260 кВт, грузоподъемность лесовозных поездов увеличится до 45 т. Найдут применение многокомплектные поезда грузоподъемностью свыше 60 т. Погрузка леса на подвижной состав будет осуществляться преимущественно мощными челюстными погрузчиками. Протяженность лесовозных дорог достигнет 120 тыс. км. Около 40% автомобильных лесовозных магистралей будут иметь улучшенное покрытие. Выработка на среднесписочный автомобиль составит около 10 тыс. м<sup>3</sup>/год. Коэффициент сменности на вывозке леса достигнет 1,7, а коэффициент использования пробега лесовозных автомобилей — 0,6. Поднимется также уровень механизации дорожно-строительных работ и будет равен: земляные работы — 85%, работы по добыче гравия — 90, строительство дорожных одежд — 75% и т. д.

Таким образом, анализ работы сухопутного транспорта леса за последние годы, имеющиеся достижения, выявленные недостатки и определившиеся технико-экономические тенденции позволяют судить о перспективах развития лесовозного транспорта, сформулировать научные и практические задачи, которые необходимо решать ученым и инженерно-техническим работникам лесной промышленности.

Одной из таких задач является расширение производственных мощностей лесной промышленности. Предстоит вовлечь в эксплуатацию новые лесные массивы, преимущественно в восточных и северных районах страны, выполнить большие работы по транспортному освоению этих массивов, по строительству многочисленных объектов промышленного и культурно-бытового назначения.

Наряду с созданием новых лесозаготовительных предприятий будет вестись обширное строительство на действующих объектах, что даст возможность вовлечь в эксплуатацию неосваиваемые ранее лесные массивы, увеличить производственные мощности, осуществить необходимую реконструкцию. Среди них лесозаготовительные участки, лесоперевалочные базы, ремонтно-механические заводы, предприятия строительной индустрии, лесовозные автомобильные и узкоколейные железные дороги и т. д.

Кроме централизованных источников финансирования, на дорожное строительство выделяются значительные суммы денежных средств за счет себестоимости лесозаготовительной продукции. В десятой пятилетке планируется построить лесовозных дорог примерно на 15...20% больше, чем было построено в минувшей пятилетке. Многие дороги будут реконструированы. Около 70% из вновь строящихся дорог будут круглогодочного действия с гравийным, щебеночным и черным покрытиями. Грузосборочные дороги и крупные автомобильные лесовозные магистрали потребуют новых конструктивных решений, дальнейшего совершенствования технологии и организации производства.

Ввод новых производственных мощностей в многолесных районах страны позволит уменьшить объемы заготовок в ряде лесодефицитных районов, т. е. позволит осуществлять политику планомерного и повсеместного доведения объемов заготовок до расчетной лесосеки. В стране будут проводиться большие работы по рациональному, полному и наиболее эффективному использованию древесины. Деловая древесина составит не менее 80...85% от общего объема вывозки. Увеличится удельный вес хлыстовой вывозки (65%) и вывозки неочищенных от сучьев стволов (до 25%), более заметными станут перевозки технологической щепы (до 13,2 млн. м<sup>3</sup>), технологических дров, отходов лесозаготовительного производства.

Получат дальнейшее развитие прогрессивные организационные формы лесозаготовок — концентрация переработки стволовой древесины на крупных механизированных и автоматизированных нижних складах, прямая вывозка леса на биржи сырья деревообрабатывающих предприятий. При этом среднее расстояние вывозки будет возрастать и к 1980 г. достигнет 50...60 км. Так, в 1978 г. на склады у линий ширококолейных железных дорог Министерства путей сообщения было перевезено около 31,2% древесины, на верхние рамы — 35,9% и в пункты потребления — 32,9%. В перспективе удельный вес вывозки леса к сплавным путям снизится до 30...35% и останется на уровне 90...100 млн. м<sup>3</sup> в год. Из этого объема к судходным рекам будет вывезено около 50%.

Будут проведены значительные работы по строительству лесозаготовительных объединений, в задачу которых будут входить лесозаготовки, лесохозяйственные работы, переработка древесины и отходов.

Технологические и организационные изменения потребуют дальнейшего улучшения тяговых, технологических и эксплуатационных показателей подвижного состава, увеличения парка автомобилей, тепловозов и прицепного подвижного состава. Научные организации и конструкторские бюро ведут работы по созданию новых более мощных и экономичных транспортных машин.

Высокая техническая оснащенность лесозаготовительных предприятий, наметившееся перевооружение производства новыми машинами и механизмами требуют коренного улучшения их эксплуатации. Для этого необходимо своевременно и качественно выпол-

нять ремонты, развивать ремонтные базы леспромхозов, улучшать эксплуатационные качества подъездных, магистральных и складских дорог.

Решение практических задач сухопутного транспорта леса неразрывно связано с дальнейшим совершенствованием конструкции земляного полотна лесовозных дорог, дорожных одежд, мостов, инвентарных колеиных покрытий, верхнего строения железнодорожного пути, созданием высокопроизводительных машин для всего цикла дорожно-строительных, транспортных и погрузочно-разгрузочных работ, разработкой оптимальных технологических приемов работы и методов организации труда, усовершенствованием управления лесозаготовительным производством на основе системного анализа и современных математических методов. Для решения этих вопросов необходимо всемерно повышать уровень научных исследований, укреплять связь науки с производством и на этой основе обеспечивать научно-технический прогресс лесозаготовительной отрасли народного хозяйства.

## Глава 1. ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРВИЧНОГО ТРАНСПОРТА ЛЕСА

---

### 1.1. Виды и способы первичного транспорта леса

*Первичным транспортом леса* или *трелевкой* называется процесс перемещения деревьев, хлыстов или сортиментов от места валки леса к месту погрузки его на лесовозный подвижной состав. Существуют различные виды и способы трелевки леса (рис. 1.1).

Наибольшее распространение получила тракторная трелевка леса (около 80%), применяемая на лесосеках с сухими, незаболоченными или плотными слабозаболоченными грунтами в равнинной и слабохолмистой местностях с уклонами до 15°.

Лебедочная трелевка леса не превышает 10...12% общего объема механизированной трелевки и применяется на лесосеках с заболоченными и слабыми грунтами, в горной местности. Она неэффективна при освоении разрозненных лесосек, в насаждениях с малым запасом древесины и при несплошных рубках. Однако при такой трелевке почти вся мощность расходуется на перемещение груза, тогда как при тракторной только 60...65%, а остальная часть затрачивается на перемещение самого трактора.

Широко распространена на лесозаготовках трелевка хлыстов и деревьев в полупогруженном или полуподвешенном положении. Такими способами трелюют более 75% общего объема заготавливаемого леса.

Трелевка хлыстов применяется обычно на лесосеках со слабыми грунтами, когда сучья и вершины необходимы для укрепления волоков, а также при наличии на лесосеках крупномерного подроста и молодняка хозяйственно-ценных пород леса.

Трелевку сортиментов применяют лишь при разработке лесосек в горной местности, при вывозке леса во двор потребителя или по дорогам с малыми радиусами кривых. Обусловлено это тем, что очистка деревьев от сучьев и раскряжевка хлыстов производятся на лесосеке, а это снижает производительность труда и качество выполнения этих работ.

Трелевка леса в погруженном положении и подвешенная трелевка возможны лишь при использовании специальных транспортных средств: колесных тягачей с прицепами, подвесных канатных трелевочных установок и др.

Трелевка леса волоком применения не получила в основном из-за большого сопротивления движению деревьев, хлыстов или сор-

тиментов по волоку, так как перемещаются они, соприкасаясь с грунтом по всей своей длине.

При трелёвке леса тракторами наибольшее распространение получила трелёвка деревьев и хлыстов в полупогруженном положении, а лебедками — полуподвесная трелёвка без несущего каната, с несущим канатом и в горной местности — подвесная трелёвка.

Полуподвесная трелёвка леса без несущего каната применяется в основном в равнинной местности. В этом случае требуется одна

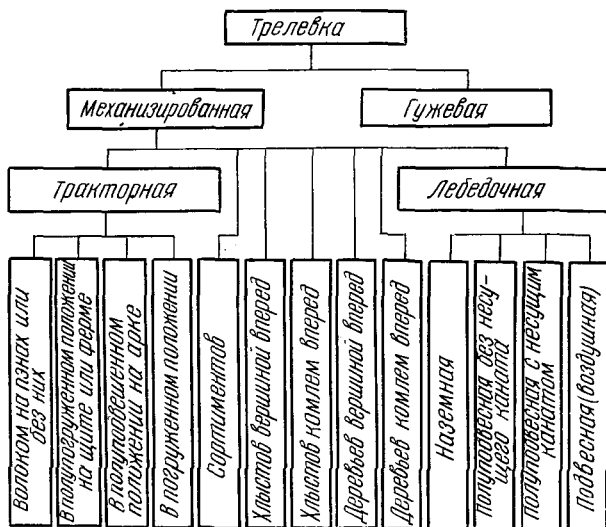


Рис. 1.1. Виды и способы трелёвки леса

трелёвочная мачта высотой 14...16 м. Радиус полуподвесной трелёвки тем больше, чем выше мачта, больше коэффициент трения хлыстов о волок. Однако движение пачки с приподнятыми вершинами начинается лишь в 50...60 м от мачты, а на большем расстоянии трелёвка производится волоком, что ухудшает проходимость пачки. В результате снижается производительность лебедки на трелёвке.

Полуподвесную трелёвку леса с несущим канатом применяют в холмистой и равнинной местностях. При этом требуются две мачты и более. Передний конец пачки подвешивается грузовым канатом к каретке, перемещающейся по несущему канату. Благодаря этому он остается приподнятым над землей на всем пути перемещения пачки. В результате уменьшается сопротивление движению пачки по волоку, а встречающиеся препятствия легко преодолеваются.

Установки для полуподвесной трелёвки с несущим канатом различаются между собой в основном конструкцией каретки, способом подвешивания к ней груза, расположением и способом крепления холостого каната.

Подвесная трелевка используется в горной местности, пересеченной глубокими ущельями, оврагами, холмами, а также на сильно заболоченных лесосеках. В этом случае груз перемещается по несущему канату в подвешенном положении, что позволяет сохранить подрост от повреждения, а почву от разрушения и достичь высокой производительности трелевочных лебедок. Различают следующие подвесные трелевочные установки: с гибкой ветвью и возвратным канатом для спуска леса с гор; с несущим и тяговым канатами для спуска или подъема леса в горной местности; с несущим, тяговым и возвратным канатами для равнинной заболоченной местности; с тягово-несущим непрерывно движущимся канатом (конвейеры). От подвесных канатных дорог и лесоспусков они отличаются тем, что обеспечивают трелевку леса непосредственно от пня до погрузочного пункта.

На трелевке леса используют различные механизмы и оборудование: тракторы, лебедки, многооперационные лесозаготовительные машины и др. Выбор вида трелевочного механизма производят исходя из почвенно-грунтовых условий, рельефа местности и крупномерности насаждений. Так, например, при среднем объеме хлыста до  $0,4 \text{ м}^3$  в зависимости от почвенно-грунтовых условий на трелевке рекомендуется применять трактор ТДТ-55, ТБ-1 и лебедки ЛЛ-14М, при среднем объеме хлыста выше  $0,4 \text{ м}^3$  — тракторы ТТ-4, ЛП-18А и лебедки ЛЛ-8, в крупномерных незахламленных лесонасаждениях — трактор общего назначения Т-100М и др.

## 1.2. Трелевочные волокна, среднее расстояние трелевки

*Трелевочным волоком* называется простейший транспортный путь на лесосеке, по которому спиленные деревья, хлысты или сортаменты транспортируются от места валки леса на погрузочную площадку или верхний склад. Волокна бывают пасечные и магистральные.

Пасечные трелевочные волокна прокладывают посредине пасек, а при ширине пасек 25...30 м — по их границам. Ширина пасечного трелевочного волокна зависит от типа трелевочного механизма и составляет 4...6 м. Объем перевозимого леса по такому волоку небольшой, а срок его действия 2...4 дня. Поэтому специальная подготовка пасечного волокна не требуется. Достаточно в процессе валки леса оставить низкие пни на волоке, расчистить его от валежника и кустарника, а при глубоком снежном покрове сделать проминку снега трактором.

Магистральные трелевочные волокна соединяют несколько пасечных с погрузочным пунктом или верхним складом. Сроки их действия более длительные. Магистральные волокна шире пасечных на 1...2 м. Деревья на них должны быть спилены заподлицо с землей, участки со слабыми заболоченными грунтами — укреплены поперечным настилом из дровяной древесины, сучьев и других отходов лесозаготовок. При трелевке лебедками наземным и полуподвесным способами подготовка волоков в большин-



стве случаев заключается в спливалинии деревьев на волоках заподлицо с землей.

Прокладка магистральных и пасечных волоков на лесосеке не всегда обязательна. В отдельных случаях могут прокладываться только пасечные или только магистральные трелевочные волоки.

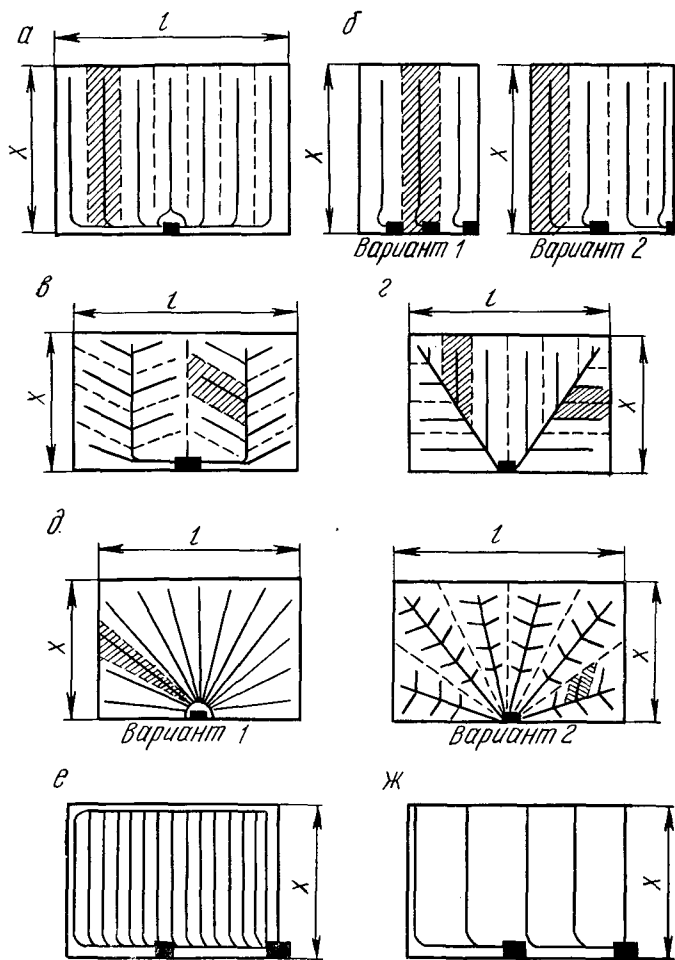


Рис. 1.2. Схемы расположения трелевочных волоков на лесосеке

Трелевочные волоки необходимо располагать так, чтобы обеспечить наиболее эффективную трелевку леса на всей площади осваиваемой лесосеки, минимальное расстояние трелевки и максимальное сохранение жизнеспособного подроста хозяйственно-ценных пород. Наиболее распространенными схемами расположения волоков на лесосеке являются параллельная, веерная, диагональная и радиальная (рис. 1.2). Выбор схемы зависит главным образом от

925116

ВО  
область сибирей

рельефа местности, почвенно-грунтовых условий, типа трелевочно-го и погрузочного механизмов, характера лесонасаждений и вида лесовозного транспорта.

П а р а л л е л ь н а я с х е м а (рис. 1.2, а, б) применяется на равнинных сухоходльных лесосеках при тракторной трелевке леса, когда разработку лесосек необходимо вести с сохранением подроста, а также при заготовке леса с биологической сушкой деревьев на лесосеке и при постепенных рубках. С увеличением количества челюстных лесопогрузчиков на лесосечных работах схема, изображенная на рис. 1.2, б, получает широкое распространение, так как значительно уменьшается среднее расстояние трелевки. Она также применима при вывозке леса самозагружающимися лесо-автопоездами. При параллельной схеме расположения волоков пасеки имеют прямоугольную форму и размеры их одинаковы, что практически удобно при разбивке лесосеки на пасеки.

В е е р н а я и д и а г о н а л ь н а я с х е м ы (рис. 1.2, в, г) находят применение при тракторной трелевке леса в равнинной и холмистой местностях на лесосеках, имеющих неэксплуатационные площади (куртины молодняка, поляны, болота и т. д.). Преимуществом диагональной схемы по сравнению с веерной является значительное сокращение расстояния трелевки. На производстве эти схемы применяются сравнительно редко.

Р а д и а л ь н а я с х е м а (рис. 1.2, д) используется при трелевке леса лебедками. Причем второй вариант этой схемы применяют при трелевке леса канатно-блочными установками с несущим канатом (ТПУ-7, УК-1Р), а также при тракторной трелевке, когда несущая способность грунтов на лесосеке слабая. При радиальной схеме расположения волоков расстояние трелевки значительно меньше, чем при параллельной. Недостатком этой схемы является трудность разбивки лесосеки на пасеки.

При применении валочно-трелевочных машин волокна располагают параллельно, как показано на рис. 1.2, е, жс.

Производительность трелевочных механизмов в основном зависит от среднего расстояния трелевки. При равномерном распределении лесонасаждений по площади на среднее расстояние трелевки оказывают влияние размеры деланки и схема расположения на ней трелевочных волоков. Среднее расстояние трелевки определяется по формуле

$$l_{\text{ср}} = \frac{2 \sum dR}{abq_0} \text{ м,}$$

где  $dR$  — элементарная грузовая работа,  $\text{м}^3 \cdot \text{пог. м}$ ;  $a, b$  — размеры деланки,  $\text{м}$ ;  $q_0$  — средний запас лесонасаждений на  $1 \text{ м}^2$ .

Определение грузовой работы для каждого конкретного случая в производственных условиях затруднительно. Поэтому среднее расстояние трелевки с достаточной для практических целей точностью можно определить по эмпирической формуле

$$l_{\text{ср}} = (k_1 a + k_2 b) k_0,$$

где  $k_1, k_2$  — коэффициенты, зависящие от схемы расположения трелевочных волоков (параллельная:  $k_1=0,5; k_2=0,25$ ; веерная:  $k_1=0,5; k_2=0,35$ ; радиальная:  $k_1=0,25; k_2=0,25$ ; диагональная:  $k_1=0,4; k_2=0,2$ ; петлевая:  $k_1=0,5; k_2=0,3$ );  $k_0$  — коэффициент удлинения трелевочных волоков, зависящий в основном от рельефа местности; при тракторной трелевке  $k_0=1,1...1,4$ .

Среднее расстояние трелевки рекомендуется принимать согласно табл. 1.1.

Табл. 1.1. Среднее расстояние трелевки

Тип уса лесовозной дороги	Значение $l_{ср}$ в зависимости от типа трактора, м	
	ТДТ-55, ТДТ-75, ТТ-4	Т-100М, Т-130Г
Автомобильный:		
грунтовый и снежный	150...200	250...300
гравийный, из железобетонных плит и лежневый	200...300	350...400
Узкоколейный	250...300	350...400

Производительность трелевочных механизмов во многом зависит от качества и состояния трелевочных волоков. Руководящий подъем на них не должен превышать 100...150%, а уклоны на спусках — 200%. На кривых участках волок должен быть шире на 1...2 м. Закругления необходимо устраивать с радиусом не менее 30 м. Магистральные волоки по возможности следует прокладывать по спускам в грузовом направлении, в горной местности — по распадкам, тальвегам, а также по склонам с крутизной не более 15°. На более крутых склонах трелевочные волоки для тракторов необходимо прокладывать по горизонталям или серпантинам с предельным уклоном до 15°.

Подготовка трелевочных волоков заключается в разметке, разрубке их по всей ширине и укреплении заболоченных участков настилом из дровяной древесины и отходов лесозаготовок. Разметку целесообразно проводить непосредственно перед разработкой лесосеки. Эту работу должен выполнять мастер совместно с бригадами комплексных бригад. Направление волока обозначают затесками на деревьях, а в зимнее время достаточно сделать проминку снега. Основное направление волоков задается технологической картой на разработку лесосеки. Если необходимо учесть природные особенности, допускается отклонение от заданного направления. Так, при разметке волока необходимо обходить крупные деревья, потому что пни создают помехи для работы трактора, крупные камни, непромерзшие места и т. д. Изменения направления волоков вносятся в технологическую карту.

Разрубку волоков лучше вести в процессе выполнения основных лесосечных работ. Валку, трелевку и погрузку деревьев можно производить механизмами, имеющимися в комплексной бригаде. Но выполнять эту работу следует так, чтобы разрубка волоков

опережала разработку пазов и на лесосеке был резерв подготовленных волоков.

В период эксплуатации трелевочные волокна должны быть под постоянным наблюдением и своевременно ремонтироваться. Обнажившиеся пни должны выкорчевываться, а разрушенные участки волока — укрепляться сучьями и другими отходами лесозаготовок. Для укрепления слабых участков волока подтрелевывают пачку деревьев к ним и обрубая сучья, а хлысты затем треляют на погрузочную площадку.

### 1.3. Лесовозные усы

Своевременное проведение лесовозных усов на лесосеке — обязательное условие успешного выполнения основных лесосечных работ. Направление, протяженность и очередность строительства лесовозных усов на год намечают после отвода лесосек в рубку. Эту работу выполняют техник лесопункта, мастер лесозаготовок и дорожный мастер. Разработку схемы размещения лесовозных усов в годичном лесосечном фонде следует вести так, чтобы затраты на их строительство и последующую эксплуатацию с учетом расходов на трелевку были минимальными.

Тип лесовозного уса выбирается в зависимости от вида лесовозного транспорта и почвенно-грунтовых условий с учетом наличия строительных материалов, оборудования и машин. При вывозке леса автомобилями лесовозные усы могут быть грунтовые, естественные (накатанные по естественному грунту) и улучшенные добавками (песком, гравием); снежные (накатанные по уплотненному снегу); лежневые из бревен или хлыстов; сборно-разборные из деревянных щитов, инвентарных ленточных или железобетонных плит; засыпные на хворостяной подушке.

Грунтовые естественные лесовозные усы строятся в лесосеках с дренирующими и слабодренирующими грунтами (песчаные, супесчаные и др.); на плотных слабоувлажненных грунтах; на плотных глинистых, имеющих включения гравия или обломочных материалов.

Грунтовые улучшенные добавками лесовозные усы устраивают на недренируемых (глинистых) грунтах при наличии песчано-гравийных материалов в радиусе до 5 км. Покрытие проезжей части такого уса состоит из одного-двух слоев уплотненной смеси, приготовленной из местного грунта и добавок (песка, гравия, щебня). Покрытие укладывается на земляное полотно серповидным профилем и должно иметь толщину по оси уса 20...25 см, а у бровок 10...15 см.

Снежные лесовозные усы — усы зимнего действия и строятся на любых грунтах, после того как они хорошо промерзли. При строительстве таких усов на хорошо промерзающих болотах до снегопадов необходимо уложить поперек проезжей части дровяную древесину диаметром 10...14 см или хворостяную подушку,

а на плохо промерзающих болотах — хворостяную подушку и редкий настил из дровяной древесины диаметром 8...10 см.

Лежневые лесовозные усы и усы из деревянных щитов и инвентарных ленточных плит (рис. 1.3) строятся обычно на слабых минеральных грунтах и неглубоких болотах, заполненных торфом до дна. Лежневые усы сложны по конструкции и требуют больших трудозатрат. Покрытие таких усов практически трудно использовать повторно. Усы из

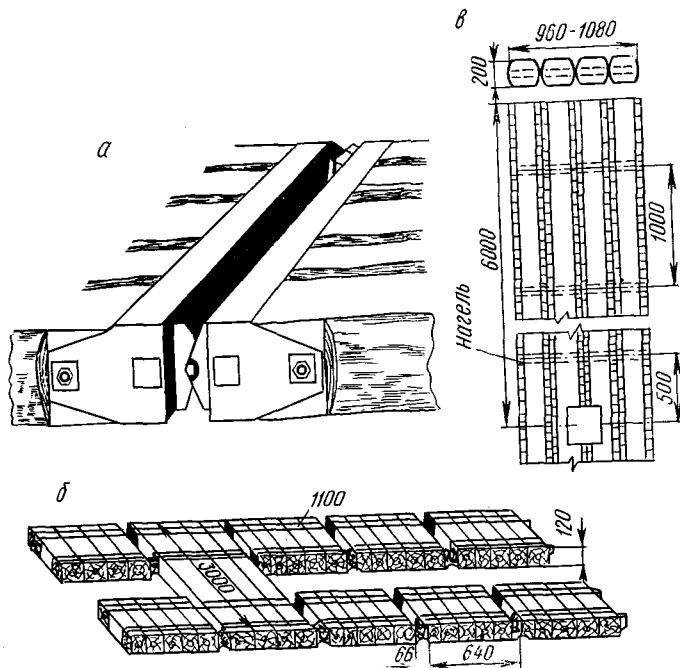


Рис. 1.3. Переносные деревянные покрытия лесовозных усов:  
а — щиты ЛВ-11; б — ленточное покрытие ЛД-5; в — нагельный щит

деревянных щитов и ленточных инвентарных плит значительно дешевле. Строительство их можно механизировать, а щиты и ленты многократно использовать.

Лесовозные усы из железобетонных плит рекомендуется строить в лесосеках, не имеющих болот, когда песчано-гравийные материалы отсутствуют в радиусе до 5 км. По таким усам возможно движение лесоавтопоездов любого веса. Они требуют незначительных затрат на содержание пути, но стоимость их строительства высокая, хотя плиты могут использоваться неоднократно.

Засыпные лесовозные усы на хворостяной подушке целесообразно строить в переувлажненных лесосеках с минеральными грунтами и торфом толщиной до 0,5 м. Уложенная и уплотненная хворостяная подушка засыпается местным грунтом

толщиной 15...20 см, получаемым из отрываемых канав. По такому лесовозному усю могут проходить тяжеловесные лесовозпоезда.

Независимо от типа покрытия лесовозного автомобильного уса руководящий подъем не должен превышать 60...80%. Узкоколейные лесовозные усы строят, как правило, без балласта, с укладкой звеньев на спланированное грунтовое полотно или деревянные клетки, а в зимнее время — на снежное основание.

Расположение лесовозных усов на лесосеках зависит от размеров последних, стоимости строительства и содержания 1 км уса. Тип трелевочного механизма и способ разработки лесосек влияния на расположение уса не оказывают. Лесовозные усы могут иметь тупиковое расположение на лесосеках, кольцевое и сквозное. Причем при тупиковом и сквозном расположении лесовозный ус может проходить по середине лесосеки или по ее границе. Ус прокладывается по середине лесосеки обычно при ширине лесосек 500 м, а по границе — при ширине лесосек 250 и 100 м. Прокладка одного лесовозного уса по середине на лесосеках шириной 1000 м целесообразна лишь при большой стоимости строительства 1 км уса (узкоколейные, лежневые). Кольцевое расположение усов применяется обычно на лесосеках шириной более 500 м (до 1000 м), когда не требуются большие затраты на их строительство и содержание (грунтовые, снежные). При этом отпадает необходимость в устройстве разворотных петель для лесовозпоездов. Возможны и другие схемы расположения лесовозных усов на лесосеках.

Общая протяженность лесовозных усов в годичном лесосечном фонде зависит от принятого среднего расстояния трелевки расположения лесосек, отведенных в рубку, и может быть определена графически по схеме транспортного освоения этого лесфонда или же расчетным путем по годовому объему производства предприятия:

$$L_y = \frac{Qk}{100qx} \text{ км,}$$

где  $Q$  — годовой объем вывозки древесины,  $\text{м}^3$ ;  $k$  — коэффициент, учитывающий удлинение лесовозных усов и зависящий от характера расположения лесосек:  $k=1,1...1,4$ ;  $q$  — запас древесины на 1 га,  $\text{м}^3$ ;  $x$  — ширина лесосеки (сторона, перпендикулярная лесовозному усю), м.

В лесосырьевых базах с равнинным рельефом, как показывает опыт предприятий, для вывозки 8...10 тыс. пл.  $\text{м}^3$  древесины необходимо строить в среднем 1 км лесовозных усов. Строительство лесовозного уса выполняется в следующей последовательности: искивают трассу на местности, делают разбивку оси его и отвод дорожной полосы, разрубают дорожную полосу шириной 8 м и устраивают проезжую часть.

По окончании разработки лесосеки верхнее строение лесовозных усов, выполненное из инвентарных щитов и сборно-разборных плит, а также усов УЖД, снимается рабочими дорожно-строительной бригады для повторного использования.

Трудозатраты на строительство 1 км лесовозного уса колеблются в больших пределах и зависят в основном от почвенно-грунтовых условий, типа покрытия уса (местный грунт, деревянные щиты, железобетонные плиты и т. д.) и уровня механизации работ. Так, при механизированном строительстве автомобильных усов трудозатраты на 1 км, включая и разрубку трассы, составляют в среднем: при покрытии из местных грунтов 25 чел.-дней; при устройстве усов на снежном основании на грунтах с хорошей несущей способностью 24 и на хорошо промерзающих болотах 72; при покрытии из железобетонных плит и гравием 120, а из деревянных щитов на шпальном основании 220 чел.-дней. На строительство и разборку 1 км узкоколейного лесовозного уса механизированным способом требуется в среднем 150 чел.-дней.

Стоимость строительства лесовозных усов для выполнения годового объема производства предприятия составляет

$$C_y = L_y C_1 = \frac{QkC_1}{100qx} \text{ руб.},$$

где  $C_1$  — стоимость строительства 1 км уса, руб.

#### 1.4. Способы разработки лесосек при тракторной трелевке леса

**Общие сведения.** На выбор способов влияют природные факторы (почвенно-грунтовые условия, состав лесонасаждений и др.), технологические (сохранность подроста, обеспечение безопасности рабочих и т. д.), а также способы рубок (сплошные, постепенные и т. д.). Поэтому способы разработки лесосек разнообразны, и каждому из них присущи свои характерные особенности.

**Способы разработки лесосек при сплошных рубках.** Лесосеки могут разрабатываться способом узких лент, костромским, продольно-ленточным, ленточно-ступенчатым способами, способом с биологической сушкой леса и др. Причем при одном и том же способе возможно несколько схем (рис. 1.4). На выбор схемы влияют способ трелевки (хлыстами или деревьями), вид лесовозного транспорта, схема расположения волоков на лесосеке, тип погрузочного механизма и др.

Разработка лесосек способом узких лент (рис. 1.4, а) применяется при трелевке деревьев или хлыстов за вершину тракторами и наличием на лесосеке жизнеспособного подроста хвойных пород высотой 1 м и более или при слабой несущей способности грунта. Пасеки делают шириной 25...30 м, которая зависит от средней высоты деревьев и определяется по формуле

$$B = 2H \sin \alpha + b \text{ м},$$

где  $H$  — средняя высота деревьев, м;  $\alpha$  — угол между волоком и поваленными деревьями:  $\alpha = 30^\circ$ ;  $b$  — ширина волока, м.

При трелевке деревьев в один прием валят количество деревьев, необходимое для набора одного воя. Затем производят чокеровку и трелевку.

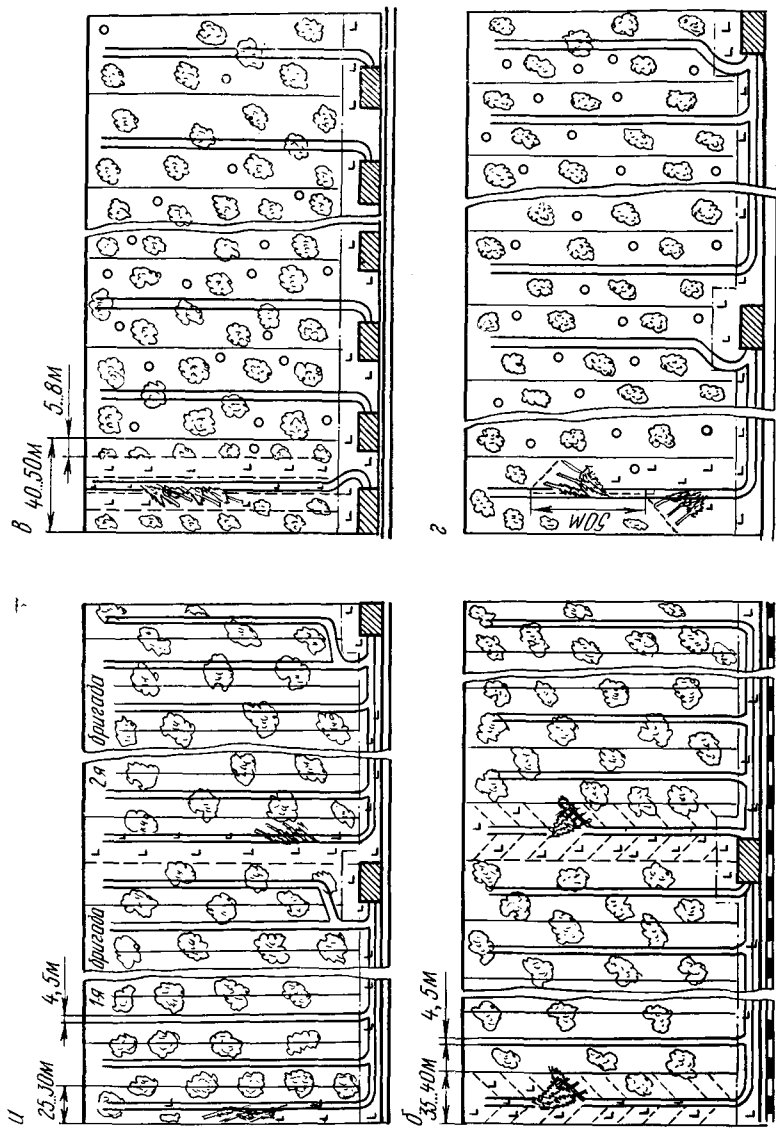


Рис. 1.4. Схемы разработки лесосек при тракторной трелевке леса:

а — способом узких с лент с трелевкой деревьев к автомобильному усу; б — костромским способом с челночным методом трелевки деревьев; в — продольно-ленточным способом с широким фронтом погрузки; г — ленточно-ступенчатым способом с трелевкой деревьев к автомобильному лесовозному усу



При слабой несущей способности грунтов трелевку производят хлыстами. В этом случае каждую полупасеку разрабатывают в два приема лентами, параллельными волоку, в определенной последовательности, чтобы создать безопасные условия труда рабочим, занятым на очистке деревьев от сучьев и трелевке. Лес валят вершинами на волок, аналогично как и при трелевке деревьев. Очистку деревьев от сучьев производят на волоке. Сучья используют для укрепления волока и при необходимости их уплотняют проходами трактора.

Разработку лесосек костромским способом рекомендуется применять при трелевке деревьев за комли тракторами, наличии на лесосеке жизнеспособного подроста высотой до 1 м (летом до 0,5 м) в количестве 3 тыс. шт. и более на 1 га и удовлетворительной или хорошей несущей способности грунта. Ширина пасаек 35...40 м. Волоки прокладывают посередине пасаек (рис. 1.4, б). Деревья сначала валят на волоке, начиная с дальнего конца, комлами вперед по направлению трелевки. Затем приступают к валке и трелевке сначала на одной полупасеке, а затем на второй. Валка деревьев на полупасаках производится на подкладочное дерево лентами, расположенными под углом к трелевочному волоку. Ширину ленты принимают такой, чтобы запас деревьев на ней соответствовал примерно рейсовой нагрузке трактора. Ширина ленты может быть определена по формуле

$$b_n = \frac{20\,000 M_{\text{ср}}}{q(B-b)} \text{ м,}$$

где  $M_{\text{ср}}$  — средняя нагрузка на рейс трактора,  $\text{м}^3$ .

При валке на подкладочное дерево комлы оказываются приподнятыми и в процессе формирования пачки не повреждают мелкого подроста. Облегчается также труд чокеровщика, и сокращается время на чокеровку.

Продольно-ленточный способ (рис. 1.4, в) применяется при тракторной трелевке деревьев за комли, когда на лесосеке отсутствует жизнеспособный подрост в требуемом количестве или же при искусственном лесовозобновлении. Последовательность разработки пасаек такая же, как и при костромском способе.

Ленточно-ступенчатый способ (рис. 1.4, г) предложен лесозаготовителями Красноярского края и применяется ими при тракторной трелевке в хвойных насаждениях на лесосеках с переувлажненными почвами и преобладанием крупного подроста. Ширина пасаек равна  $2H - 10$  м, где  $H$  — средняя высота деревьев в насаждениях. Пасаеки разрабатываются тремя или двумя продольными лентами, примерно равными по ширине. При разработке пасаек тремя лентами волок прокладывают по средней ленте и применяют трехступенчатый способ, который эффективен при расстоянии трелевки до 250 м в насаждениях с запасом на 1 га не менее 150  $\text{м}^3$ . При больших расстояниях трелевки и разработке лесонасаждений с меньшим запасом на 1 га пасаеки рекомендуется разрабатывать двухступенчатым способом. В этом случае пасаеку

разрабатывают двумя лентами в две ступени с поочередным переходом вальщиков и сучкорубов со ступени на ступень. Трелевочный волок располагается посредине пасаки на границе двух лент.

При трелевке леса челночным способом комплексная бригада одновременно разрабатывает две пасаки (рис. 1.4, б). При этом разработку каждой пасаки должен вести отдельный вальщик. Трелевка леса с этих пасаек производится попеременно одним трактором. Для этого в бригаде должно быть не менее трех сменных комплектов чокеров: один комплект на тракторе и по одному у каждого вальщика. Чтобы сохранить постоянным среднее расстояние трелевки, один из вальщиков должен начать разработку наиболее удаленной от погрузочной площадки пасаки, а другой — ближней. Каждый из них производит валку деревьев в один прием на рейс и затем чокеруют их. После того как трактор увезет пачку, вальщик приступает к валке деревьев на второй рейс.

### 1.5. Способы разработки лесосек при трелевке леса лебедками

При трелевке леса лебедками в равнинной местности лесосеки разрабатываются продольно-ленточным способом по нескольким различным схемам. Разработка канатной трелевочной установкой с погрузочными стрелами производится следующим образом. Лесосеку разбивают на делянки I, II, III, IV размером примерно  $250 \times 250$  м (рис. 1.5, а). Каждая делянка делится на пасаки треугольной формы, вершиной которых является головная трелевочная мачта. С одной установки трелевочной мачты можно освоить две смежные делянки. Ширина пасаек в дальнем конце может быть 50...60 м, если волок располагается посредине пасаки, или же 20...30 м, если на границе пасаек. Разработка пасаек в каждой делянке ведется последовательно одна за другой, начиная с пасаки, расположенной у лесовозного уса. Сначала разрабатывают на пасаке ленту под волок, а затем остальные. Закончив работу на пасаке, канатно-блочную систему переносят в следующую.

При расположении волока на границе пасаки можно непосредственно переносить трелевочный канат из пасаки в пасаку. Однако в этом случае значительно повреждается подрост и молодняк.

При трелевке леса установками УК-1Р (ТПУ-7) лесосеку разбивают тоже на делянки размером до  $250 \times 250$  м, а делянки — на пасаки треугольной формы шириной в дальнем конце 80...125 м (рис. 1.5, б). Волоки располагают посредине пасаек. Сначала производят валку деревьев на средней ленте под трелевочный волок на пасаке, расположенной у лесовозного уса, и приступают к ее разработке. Далее разрабатывают одну половину пасаки, а затем вторую, начиная с дальнего от погрузочного пункта конца. На волоке валка деревьев производится параллельно волоку, а на полупасаках — под углом к нему комлями в направлении трелевки. После разработки первой пасаки переходят во вторую и т. д.

Установками УК-1Р и ТПУ с погрузочными стрелами можно осваивать лесосеки различных размеров. При размере лесосеки

250×250 м установка монтируется в углу лесосеки, 250×500 м — посредине одной из длинных ее сторон, а при размере 500×500 м — в центре лесосеки. По окончании разработки двух смежных деленок установку демонтируют и устанавливают на новом месте для разработки следующих двух деленок.

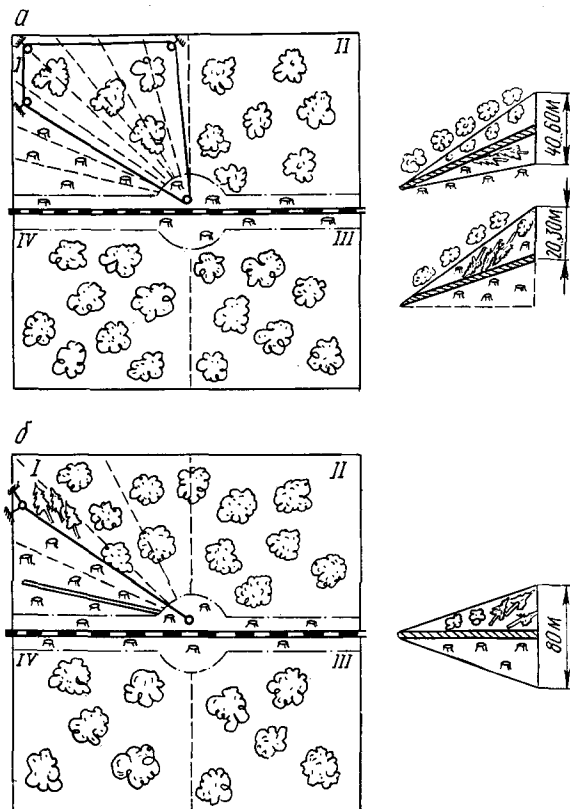


Рис. 1.5. Схемы разработки лесосек при трелевке леса лебедками

### 1.6. Способы разработки лесосек многооперационными лесосечными машинами

При применении многооперационных лесосечных машин лесосеки разрабатываются ленточным способом обычно без разбивки на пасеки. Ширина ленты зависит от величины захвата машины, и ленты могут быть узкими (2...2,5 м) и широкими (5...14 м). У узкозахватных машин технологическое оборудование не позволяет увеличивать ширину разрабатываемой ленты леса, и эти машины не обеспечивают сохранения подроста.

При применении узкозахватных многооперационных машин лесосека разрабатывается следующим образом.

После разбивки на делянки вырубает зону безопасности 2 вдоль лесовозного уса 3 и вокруг погрузочных площадок 1 (рис. 1.6, а). Затем на каждой делянке прорубают волок 4 для заезда машины в дальний конец. Делянки разрабатывают обычно лентами, перпендикулярными к лесовозному усу. Для этого по заездному волоку машина 5 заходит в дальний конец делянки, разворачивается и,

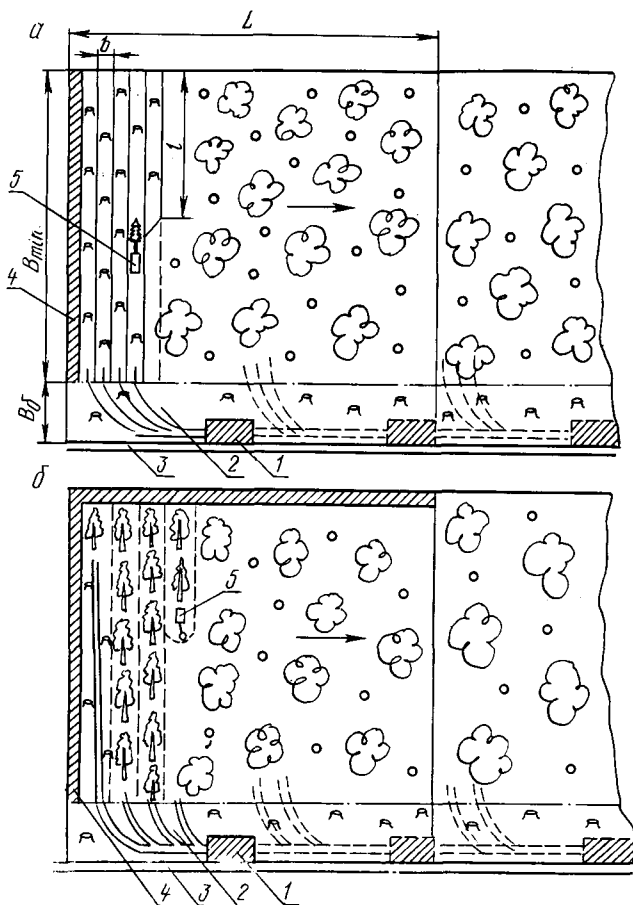


Рис. 1.6. Схемы разработки лесосек многооперационными лесосечными машинами

двигаясь вдоль стены леса, формирует пачку требуемого объема, которую затем доставляет на погрузочный пункт (режим работы: валка — трелевка) или оставляет на ленте (режим работы: валка — пакетирование) и пачки трелюются другим механизмом. Затем машина продолжает движение вдоль стены леса и производит валку деревьев и формирование очередной пачки и т. д. Вырубая лес последовательно на каждой ленте, машина разрабатывает всю делянку. Если позволяют грунт и микрорельеф, на делянке целесо-

образно устраивать несколько погрузочных площадок, что значительно сокращает расстояние трелевки.

При разработке лесосек по этой схеме минимальная ширина делянки  $B_{\min}$  должна быть такой, чтобы машина при разработке ленты могла набрать хотя бы одну пачку. Это возможно при условии, если

$$B_{\min} = l + B_6 = \frac{10\,000Q}{bq} + B_6,$$

где  $l$  — длина ленты для набора одной пачки, м;  $B_6$  — ширина зоны безопасности, м;  $Q$  — объем пачки, м<sup>3</sup>;  $b$  — ширина ленты, м;  $q$  — средний запас леса на 1 га, м<sup>3</sup>.

Практически  $B_{\min} \approx 120...150$  м. Ширину делянки необходимо выбирать такой, чтобы она была равна кратному числу расстояний, которые необходимы для набора одной пачки:  $B = nl + B_6$ , где  $n$  — количество пачек, формируемых на одной ленте. Обычно  $B = 200...250$  м.

Чтобы реже прорубать заездной волок, длина делянки должна быть большей. При применении на погрузке челюстных лесопогрузчиков она равна 250...300 м.

Разработка лесосек широкозахватными многоперационными машинами при сплошнолесосечных рубках ведется лентами, перпендикулярными к лесовозному усу (рис. 1.6, б). Для этого вырубает зону безопасности 2 вдоль лесовозного уса 3 и вокруг погрузочных площадок 1. Затем на делянке подготавливают волок 4 для заезда машины в дальний конец делянки. По заездному волоку машина 5 направляется в дальний конец ленты, подлежащей разработке, останавливается у стены леса и начинает валку деревьев на ленте.

Если разработка лесосеки ведется машинами с полноповоротным захватно-срезающим устройством (валочно-пакетирующие машины), они работают в режиме валка — пакетирование и осваивают лесосеку следующим образом. Машина останавливается на оси ленты (на расстоянии от вырубки, несколько меньшем максимального вылета стрелы) у стены леса и производит спиливание деревьев в радиусе действия захватно-срезающего устройства и укладку их в пакеты за собой или сбоку. Затем она перемещается к стене леса на ленте, и цикл повторяется. Двигаясь в направлении к лесовозному усу, машина разрабатывает ленту, оставляя за собой сформированные пакеты деревьев, которые затем трелюются трактором (подборщиком пачек) на погрузочный пункт. При этом должна соблюдаться 50-метровая безопасная зона. Закончив разработку одной ленты, машина приступает к валке и пакетированию деревьев на второй и т. д. Разрабатывая делянку, валочно-пакетирующая машина должна формировать пачки, не допуская большого разбега комлей по длине, в местах, удобных для подхода трелевочной машины.

При проведении проходных рубок, рубок ухода и других схема разработки лесосеки машинами с полноповоротным захватно-сре-

зающим устройством в принципе не отличается от описанной. Однако сплошная валка деревьев производится только по ходу движения машины, а выборочная — по обе стороны от нее.

Если разработка лесосеки ведется машинами с неполноповоротным захватно-срезающим устройством (валочно-трелевочные машины манипуляторного типа) и они работают в режиме валка — трелевка, лесосека осваивается таким образом. Зайдя в дальний конец ленты, подлежащей разработке, машина останавливается у кромки леса на краю ленты и производит валку деревьев в зоне действия манипулятора комлями в направлении трелевки и формирование пачки путем укладки комлей на коник. Затем она перемещается вдоль края ленты в направлении к лесовозному уссу к кромке леса, и цикл повторяется. Когда будет сформирована в конике пачка требуемого объема, машина доставляет ее к магистральному волоку или на погрузочный пункт, а затем возвращается на разрабатываемую ленту, аналогичным способом производит валку деревьев и формирование очередной пачки. По окончании одной ленты машина приступает к разработке второй и т. д.

При работе валочно-трелевочной машины манипуляторного типа в режиме валка — пакетирование разработка делянки ведется аналогично. Но сформированные пачки деревьев машина оставляет на ленте, которые затем трелевуются на погрузочный пункт подборщиком пачек или другой трелевочной машиной.

### **1.7. Технологический процесс и приемы работы при тракторной трелевке леса**

Технологический процесс трелевки тракторами состоит из следующих основных операций: движения трактора без груза к месту набора пачки, сбора деревьев (хлыстов) и формирования пачки, движения трактора с грузом на погрузочный пункт (верхний склад), отцепки пачки и при необходимости выравнивания комлей. Движение гусеничных тракторов на лесосеку без груза производится обычно на III...IV, а с грузом по волокам — на II...III передатках. Способ сбора деревьев и формирования пачки зависит от применяемого прицепного оборудования на трелевочных тракторах.

При трелевке за вершину тракторами, оснащенными чокерным трелевочным оборудованием, продольная ось трактора должна совпадать с направлением подтаскивания пачки, а при трелевке за комли трактор устанавливается примерно под углом  $60^\circ$  к направлению подтаскивания, чтобы при формировании пачки комли не упирались в пни.

Чокеровку деревьев (хлыстов) производят так, чтобы получилась удавная петля и зев крюка был обращен кверху (рис. 1.7, а). Хлысты с тонкой и гладкой вершиной следует чокеровать двойной петлей во избежание соскальзывания чокера (рис. 1.7, б). При трелевке за комли деревья чокеруют на расстоянии 0,5...0,7 м от ком-

левого торца, а при трелевке за вершину — на расстоянии 0,7...1,2 м от среза. Ближе лежащие два-три тонкомерных хлыста (дерева) рекомендуется чокеровать одним чокером. Прицепка чокеров к тяговому канату лебедки может быть последовательная и зигзагообразная (рис. 1.7, *в* и *г*). При зигзагообразной прицепке облегчается сдвиг деревьев с места. Прицепляя деревья, следует избегать резких перегибов тягового каната, чтобы предотвратить его повышенный износ.

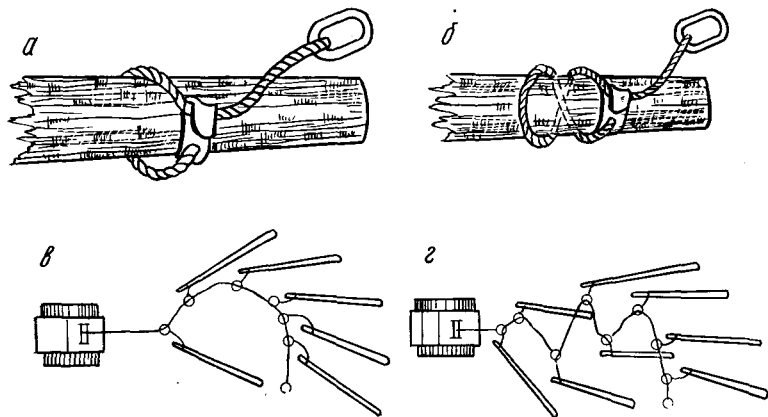


Рис. 1.7. Способы чокеровки и формирования пачки

Пачка формируется лебедкой трактора, затем затаскивается на погрузочный щит и закрепляется на нем путем затормаживания лебедки.

Продолжительность чокеровки и формирования пачки зависит от ее объема, среднего объема хлыста, запаса на 1 га, конструкции прицепного оборудования и организации работы. Объем пачки должен быть таким, чтобы удельные затраты времени (на 1 м<sup>3</sup>) на чокеровку и формирование пачки были минимальными. Наблюдения за работой трелевочных тракторов показывают, что при трелевке леса тракторами ТДТ-55 удельные затраты времени на сбор пачки будут минимальными при 13...20 деревьях в пачке, если средний объем хлыста 0,3...0,4 м<sup>3</sup>, и при 10...14 деревьях в пачке, если средний объем хлыста 0,5...0,8 м<sup>3</sup>. При трелевке леса тракторами ТТ-4 эти затраты будут наименьшими при среднем объеме хлыста 0,5...0,8 м<sup>3</sup>, когда в пачке 12...20 деревьев, а при среднем объеме хлыста 0,9...1,5 м<sup>3</sup>, когда в пачке 9...14 деревьев. При расстоянии подтаскивания деревьев к трактору до 20 м пачку формируют обычно в один прием, а при большем — в два.

Если трактор не снабжен специальным трелевочным оборудованием: лебедкой с тяговым канатом, погрузочным щитом, как, например, тракторы Т-100М или Т-130, сбор и формирование пачки производятся иначе. Трактор заходит в дальний конец ленты (пасеки) и останавливается у вершины дальнего хлыста. Рабочий чокерует его и кольцо чокера надевает на прицепный крюк тракто-

ра. Затем трактор перемещают в сторону погрузочной площадки, останавливают у вершин очередных хлыстов, и рабочие производят их прицепку. Эта операция повторяется до тех пор, пока не будет сформирована пачка. Формирование пачки путем прицепки отдельных хлыстов к крюкам трактора Т-100М или Т-130 целесообразно применять в насаждениях со средним объемом хлыста 0,6 м<sup>3</sup> и выше. При работе в насаждениях с меньшим средним объемом хлыста чокерровку лучше производить предварительно, до прибытия трактора на пасеку.

В зимнее время, когда необходимо формировать большие пачки (до 20...25 м<sup>3</sup>), эту операцию целесообразно выполнять в два приема с применением собирающих канатов, для чего один собирающий канат располагают с одной стороны волока у места чокерровки хлыстов, а второй — с другой стороны. Сначала формируют одну пачку, вытаскивают и оставляют на волоке в месте, удобном для формирования воза, а затем вторую. Далее кольца чокеров обеих пачек надевают на прицепные крюки трактора, и он транспортирует воз на погрузочный пункт. Для облегчения сбора и формирования воза целесообразно на тракторе Т-100М и Т-130 устанавливать однобарабанную лебедку.

Отцепку пачки необходимо производить так, чтобы затраты на выравнивание комлей были минимальными. Так, при трелевке за вершину для уменьшения разбега комлей следует сначала отцепить короткие хлысты (деревья), а затем длинные, предварительно протянув их вперед на требуемое расстояние. При трелевке комлями вперед пачку отцепляют так, чтобы комлевые торцы были на одной линии с торцами предыдущих пачек. Окончательное выравнивание комлей производят трактором при помощи погрузочного щита, бульдозерного отвала или толкателя.

При челночном способе лес трелюется в течение смены поочередно из двух пасек. Сформировав и доставив на погрузочный пункт прямым ходом пачку с одной пасеки, тракторист без разворота направляется во вторую. После подтрелевки пачки на погрузочный пункт со второй пасеки он направляется в первую пасеку и т. д.

При постепенных рубках подтаскивать деревья (хлысты) на волок необходимо так, чтобы они не повреждали подрост и стволы растущих деревьев. При этом трактор не должен сходить с волока. Воз формируют на волоке из нескольких подтрелеванных пачек. Трелевать лес желательно на две погрузочные площадки для обеспечения расположения пачек комлями в направлении вывозки. Если имеется только одна погрузочная площадка, то пачку, в которой расположено комлей не совпадает с направлением вывозки, трелюют в противоположную от погрузочной площадки сторону. Затем снимают чокры, зачокеровывают пачку с противоположного конца общим чокером и транспортируют ее на погрузочную площадку.

При применении тракторов для бесчокерной трелевки, подборщиков-трелевщиков пачек и валочно-трелевочных машин техноло-



гический процесс трелевки леса значительно упрощается. Так, при применении трактора с гидроманипулятором (ТБ-1, ЛП-18А) он перемещается по волоку и при помощи гидроманипулятора захватывает за комли или вершины хлысты (деревья) и укладывает на коник, где они закрепляются без чокеров специальными устройствами (зажимными рычагами, канатными увязочными устройствами). Затем сформированная пачка трелюется на погрузочный пункт. Разгрузка пачки производится движением трактора вперед при раскрытом увязочном устройстве.

Подборщик-трелевщик пачек производит трелевку сформированных пачек. По прибытии на пасаку он захватывает очередную пачку, опустив челюстную хватку, а затем в полуподвешенном положении трелюет ее на погрузочный пункт. Разгрузка пачки производится раскрытием челюстного захвата.

Технологический процесс трелевки леса валочно-трелевочными машинами в основном такой же, как и тракторами с гидроманипулятором.

### **1.8. Технологический процесс и приемы работы при трелевке леса лебедками**

Особенность лебедочной трелевки — обязательная прямолинейность волоков, что не позволяет огибать препятствия, участки молодняка и семенные деревья и относится к числу недостатков этого способа. Недостатками являются также сложность и трудоемкость монтажно-демонтажных работ и большая потребность в канатах. Процесс трелевки леса лебедками состоит из следующих основных операций: подачи грузового трелевочного каната на лесосеку к месту набора пачки, чокеровки хлыстов (деревьев) и формирования пачки, перемещения ее на погрузочный пункт (верхний склад), отцепки пачки.

Подача грузового каната на лесосеку к месту набора пачки в целях сокращения продолжительности рейса должна осуществляться на II или III передаче. Трелевка пачки производится на I или II передаче в зависимости от состояния волока и величины нагрузки на рейс.

Приемы чокеровки и формирования пачки в основном такие же, как и при тракторной трелевке. Однако при трелевке за вершины чокеровать деревья необходимо со смещением в сторону комля на 1,5...2,5 м, чтобы в процессе перемещения пачки не обламывались ее вершины. Для плавного и постепенного формирования пачки из нескольких крупномерных деревьев целесообразно применять чокеры различной длины. Особо крупные и примерзшие к снегу деревья необходимо трогать с места сдвиганием их в сторону. Для этого рекомендуется пропустить чокер через ближайший в стороне пень или валить крупномерные деревья вершинами примерно под углом  $60^\circ$  к волоку.

Если на трелевке применяется ТПУ с полупогрузочными стрелами, по прибытии пачки на погрузочный пункт, чтобы облегчить

работу на отцепке, лебедчик не выключает грузовой барабан лебедки до тех пор, пока передняя часть пачки не поднимется примерно до половины высоты мачты. При выключении барабана после этого пачка упадет на землю, стволы разъединятся и займут более удобное положение для отцепки. После отцепки подтрелеванные хлысты (деревья) разворотным канатом подаются на погрузочную площадку.

При применении на трелевке установки УК-1Р (ТПУ-7) погрузка пачки совмещена с трелевкой и выполняется в конце цикла трелевки. В этом случае отцепка чокеров производится после погрузки комлевой части пачки на коник лесовозного транспорта.

После отцепки пачки чокеры холостым трелевочным канатом подаются на пасаку к месту набора очередной пачки, и весь процесс повторяется.

### **1.9. Машины и оборудование, применяемые на трелевке леса**

**Общие сведения.** В связи с разнообразными природными условиями на трелевке леса применяются различные машины и оборудование: специальные трелевочные тракторы ТДТ-55 и ТТ-4, трелевочные тракторы с гидроманипулятором ТБ-1 и ЛП-18А для бесчокерной трелевки, тракторы общего назначения Т-100М, подборщики-трелевщики пачек хлыстов и деревьев ЛТ-40 и ЛТ-157, валочно-трелевочные машины ВТМ-4 и ЛП-17, специальные трелевочные лебедки ЛЛ-8, ЛЛ-14М, ЛЛ-12А в комплекте с канатно-блочными установками ТПУ с погрузочными стрелами, УК-1Р (ТПУ-7), УК-1С.

Тракторная трелевка леса в СССР применяется с 1934 г. и до 1948 г. производилась гусеничными тракторами общего назначения. Лес трелевался волоком сортаментами, а в послевоенный период — хлыстами. Эти тракторы не отвечали в полной мере условиям работы в лесу и были достаточно эффективны лишь в крупномерных лесонасаждениях Урала и Сибири.

В 1948 г. был принят к серийному производству специальный трелевочный трактор КТ-12 на гусеничном ходу, созданный Кировским заводом (г. Ленинград) совместно с ЛТА имени С. М. Кирова. Это был первый в мире специальный трелевочный трактор. Дальнейшее совершенствование трелевочных тракторов шло по пути увеличения мощности двигателя, усиления и улучшения ходовой части, трансмиссии и навесного трелевочного оборудования и приспособления их для работы применительно к различным лесозаготовительным условиям.

В настоящее время тракторами трелюется около 80% заготавливаемого леса. Недостаток тракторов — ограниченность применения в холмистой и заболоченной местностях и большие затраты энергии на самопередвижение.

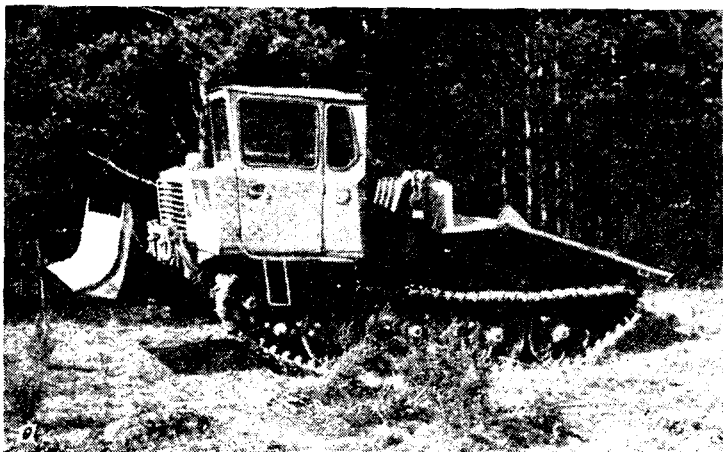
Лебедки на трелевке леса начали применять в 30-х годах. Наиболее распространены несамоходные двух- и многобарабанные лебедки с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Многобара-

банные лебедки имеют от трех до шести барабанов и применяются на лесосечных работах для привода в действие трелевочных и трелевочно-погрузочных канатных установок. Лебедки с четырьмя и более барабанами называются *агрегатными*, ими можно выполнять несколько операций без привлечения других механизмов. В последние годы проведена большая работа по сокращению типажа лебедок, унификации их узлов и деталей, улучшению тягово-скоростных характеристик, созданию удобств в эксплуатации и обслуживании. Новые трелевочные лебедки оборудованы кабинами для лебедчиков, снабжены коробками перемены передач для увеличения числа скоростей намотки канатов на барабаны, пневматическими фрикционными муфтами сцепления и пневматическими тормозами. Для плавного подтормаживания барабанов применены дифференциальные золотники. Значительно усовершенствованы конструкции и канатно-блочных трелевочных установок. В настоящее время выпускается универсальная канатно-блочная установка УК-1 с несущим канатом в пяти различных модификациях, каждая из которых рассчитана на применение в определенных лесозаготовительных условиях. Большинство узлов в этих модификациях унифицировано, что позволило уменьшить их стоимость. Подробно эти установки описаны в гл. 6.

**Гусеничные трелевочные тракторы ТДТ-55, ТТ-4, Т-100М и Т-130Г.** Тракторы ТДТ-55 и ТТ-4 предназначены для трелевки хлыстов и деревьев за вершину или комель в полупогруженном положении (рис. 1.8). Для этого они снабжены специальным технологическим оборудованием: лебедкой и погрузочным щитом. Тракторы имеют рамную конструкцию остова и ходовую систему с упругой (балансирной) подвеской, которая обеспечивает ровный и мягкий ход, высокую проходимость и маневренность. ТДТ-55 относится к классу тракторов малой мощности, и его рекомендуется применять в тонкомерных и средней крупности лесонасаждениях ( $q_{хл} \leq 0,4 \text{ м}^3$ ), а ТТ-4 — к классу тракторов средней мощности. Его целесообразно использовать на трелевке в средних и крупномерных лесонасаждениях ( $q_{хл} \geq 0,4 \text{ м}^3$ ).

Тракторы Т-100М и Т-130Г — общего назначения и имеют рамную конструкцию. Ходовая система снабжена полужесткой подвеской. Благодаря специальной коробке передач тракторы отличаются хорошей реверсивностью движения. Из вспомогательного оборудования имеются вал отбора мощности и гидросистема с двумя шестеренчатыми насосами. В лесной промышленности Т-100М и Т-130Г применяются на трелевке леса волоком за вершину в крупномерных незахламленных насаждениях, а также на дорожных и транспортных работах.

Для удобства сбора деревьев (хлыстов) в пачки и их отцепки на погрузочном пункте тракторы снабжены специальным прицепным оборудованием: ТДТ-55 и ТТ-4 собирающим канатом со стопорным разрезным кольцом на конце и комплектом чокеров, а Т-100М и Т-130Г двумя двурогими крюками и комплектом удлиненных чокеров или же одним двурогим крюком, двумя собираю-



*Рис. 1.8.* Гусеничные трелевочные тракторы:  
а — ТДТ-55; б — ТТ-4

щими канатами со стопорными разрезными кольцами на конце и комплектом чокеров (табл. 1.2).

Гусеничные тракторы для бесчокерной трелевки ТБ-1 и ЛП-18А. Трактор ТБ-1 создан на базе трактора ТДТ-55 и отличается лишь конструкцией навесного рабочего трелевочного оборудования, которое состоит из гидроманипулятора с клещевым захватом и коника с зажимными рычагами (рис. 1.9, а).

Гидроманипулятор — стреловый, рычажно-шарнирный, неполповоротный, служит для захвата поваленных деревьев (хлыстов)



*Рис. 1.9. Гусеничные бесчokerные трелевочные тракторы:  
а — ТБ-1; б — ЛП-18А*

Табл. 1.2. Размеры собирающих канатов и чокеров

Марка трактора	Собирающий канат		Чокеры		
	длина, м	диаметр, мм	количество в комплекте, шт.	длина, м	диаметр, мм
ТДТ-55	30...40	17...19	12...15	1,7...2	9...13
ТТ-4	35...45	20...22	15...20	1,8...2,5	12...14
Т-100М, Т-130Г	20...25	20...22	15...20	1,8...2,5	14...16
Т-100М, Т-130Г	—	—	10...15	2,5...3,5	14...16

## Техническая характеристика тракторов

Марка трактора	ТДТ-55	ТТ-4	Т-100М	Т-130Г
Марка двигателя	СМД-14Б	АМ-01	Д-108	Д-130
Мощность двигателя, кВт	45,7	81,0	79,6	103
Максимально допустимая нагрузка на шит, кН	39,2	58,8	—	—
Тяговое усилие лебедки, кН	70,56	11,76	—	—
Канатоемкость барабана лебедки, м	40	50	—	—
Диаметр каната, мм	20	22	—	—
Тяговое усилие на крюке, кН	—	—	—	—
<hr/>				
Скорость движения, м/с				
на первой передаче	49,8	97,0	93,1	92,1
	0,69	0,65	0,66	0,88
на второй	34,8	82,3	54,9	63,7
	0,93	0,76	1,06	1,22
на третьей	24,8	62,7	44,6	41,2
	1,21	0,95	1,25	1,77
на четвертой	13,0	45,1	28,4	26,8
	1,87	1,25	1,8	2,44
на пятой	4,41	39,2	14,7	—
	3,06	1,46	2,81	—
на шестой	—	32,3	—	—
	—	1,7	—	—
на седьмой	—	22,5	—	—
	—	2,13	—	—
на восьмой	—	14,7	—	—
	—	2,83	—	—
Дорожный просвет, м	0,58	0,55	0,39	0,385
Вес трактора в рабочем состоянии, кН	90,0	122,5	112,2	137,0

и укладки на коник. Гидроманипулятором можно подтаскивать деревья или хлысты в пределах радиуса действия.

Коник служит для закрепления комлей или вершин хлыстов (деревьев), погруженных на трактор, и разгрузки пачки на погружном пункте. На раме трактора коник закреплен шарнирно. Зажимные рычаги его выполнены из двух шарнирно-соединенных частей. Верхние части рычагов могут поворачиваться относительно нижних внутрь коника. Это позволяет плотно увязывать пачку деревьев (хлыстов) независимо от ее объема. Увязка пачки — канатная. Закрепление пачки на конике обеспечивается гидроакку-

мулятором, который по мере уплотнения пачки пополняет рабочую жидкость в гидроцилиндре и компенсирует ее утечку. Управление трелевочным оборудованием осуществляется из кабины трактора. Кабина, лебедка и механизм передней навески (бульдозера) видоизменены по сравнению с ТДТ-55.

Трактор ЛП-18А создан на базе трактора ТТ-4 и имеет навесное рабочее трелевочное оборудование, аналогичное как и у ТБ-1, а также щит (рис. 1.9, б). Щит служит грузовой площадкой и может быть использован для выравнивания комлей и штабелевки хлыстов на погрузочном пункте. На щите установлен коник с увязочным устройством для закрепления деревьев (хлыстов), погруженных на трактор. Увязка одного дерева или всей пачки осуществляется канатной петлей при помощи лебедки трактора.

Управление трелевочным оборудованием осуществляется из кабины трактора.

#### Техническая характеристика рабочего трелевочного оборудования

Марка трактора	ТБ-1	ЛП-18А
Угол поворота гидроманипулятора в горизонтальной плоскости, град	157	120
Вылет клещевого захвата, м:		
минимальный	1,35	2
максимальный	5	5
Величина раскрытия захвата, м	0,08...0,8	0,13...0,8
Грузоподъемность клещевого захвата, кН:		
минимальная	12,8	19,6
максимальная	29,4	49,0
Рабочее давление в гидросистеме, МПа		9,81
Крайнее положение захвата по высоте относительно грунта, м:		
выше поверхности грунта	5,5	5
ниже поверхности грунта	0,7	0,7
Вес трактора в рабочем состоянии, кН	102,9	147,0

**Подборщики-трелевщики пачек ЛТ-40 и ЛТ-157.** В связи с применением на лесосечных работах валочно-пакетирующих машин на трелевке леса используются подборщики-трелевщики пачек, созданные на базе колесных тракторов К-703 и Т-157 (рис. 1.10). Они оснащены специальным навесным трелевочным оборудованием: лебедкой, стрелой, гидравлическим клещевым захватом, увязочным устройством и упором с гидроприводом.

Тракторы имеют шарнирно-сочлененную раму и все колеса ведущие, что обеспечивает им высокую маневренность на лесосеке. Скорости движения колесных тракторов по волоку выше, чем гусеничных, и они особенно эффективны на средних и больших расстояниях трелевки. Такие тракторы находят применение на прямой вывозке деревьев или хлыстов (непосредственно с лесосеки на нижний склад) на расстояние 8...10 км. Однако проходимость колесных тракторов на лесосеках со слабой несущей способностью грунтов и при глубоком снеге хуже, чем гусеничных. Кроме того, на-

весное трелевочное оборудование на тракторах расположено так, что при трелевке пачки деревьев (хлыстов) задние колеса перегружены. Это приводит к образованию колеи на слабых грунтах, а следовательно, к уменьшению скорости движения или нагрузки на рейс.

Основным узлом навесного трелевочного оборудования является клещевой захват с увязочным устройством. Челюсти захвата открываются и закрываются гидроцилиндром. Увязочное устройство

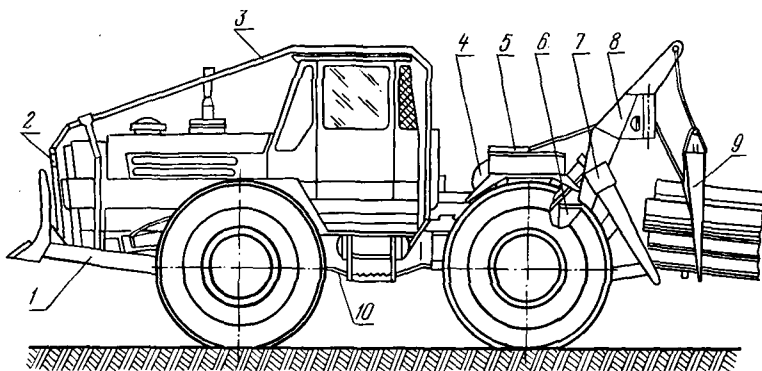


Рис. 1.10. Подборщик-трелевщик пачек ЛТ-157:

- 1 — бульдозер; 2 — ограждение радиатора; 3 — ограждение капота и кабины; 4 — лебедка; 5 — блок электропневмоклапана; 6 — редуктор привода лебедки; 7 — щит; 8 — арка; 9 — захват; 10 — ограждение нижнее

на ЛТ-40 — канатное и представляет собой петлю, пропущенную концами через направляющие блоки на челюстях и ролики на стреле и соединено при помощи серьги с канатом лебедки. При наматывании каната на барабан лебедки петля уменьшается и прижимает пачку к ребрам челюстей захвата. Увязочное устройство на ЛТ-157 отличается от описанного лишь способом запасовки увязочного каната.

Упор — бульдозерного типа, предназначен для выравнивания комлей, окуливания пачки деревьев (хлыстов), удержания трактора при подтаскивании пачки лебедкой и защиты колес и рамы трактора от повреждения комлями трелеваемой пачки. Подъем и опускание щита производится гидроцилиндром.

**Валочно-трелевочные машины ВТМ-4 и ЛП-17.** Эти машины без применения ручного труда производят срезание и направленный повал деревьев, погрузку комлей деревьев на коник устройства для формирования пачки, увязку, трелевку пачки деревьев на погрузочный пункт и ее разгрузку.

Машина ВТМ-4 выполнена на базе трактора ТТ-4 и имеет следующее навесное технологическое оборудование: пильный механизм, механизм направленного повала спиленных деревьев, погрузочно-формировочное устройство, разгрузочный щит, бульдозер со снегоочистителем. Пильный механизм приводится в действие от гидродвигателя и снабжен цепным пильным аппаратом консольно-



Техническая характеристика подборщиков-трелевщиков пачек

	ЛТ-40	ЛТ-157
Марка трактора	К-703	Т-157
Марка двигателя	ЯМЗ-238НБ	СМД-62
Мощность двигателя, кВт	147,2	127
Размер шин	700...665	610...660
Давление в шинах, МПа	0,137...0,196	0,108...0,167
Количество ступеней передач	4	—
Количество скоростей движения вперед	16	8
Диапазон скоростей, м/с	0,78...9,04	1,5...8,75
Максимальное тяговое усилие на крюке, кН	58,8	39,2
Тяговое усилие лебедки, кН	117,6	71,0
Канатоемкость барабана лебедки, м	40	40
Диаметр каната, мм	22	19
Максимальное раскрытие челюстей захвата, м	3,5	3,2
Максимальный объем трелеваемой пачки, пл. м <sup>3</sup>	8...10	6...8
Колея, мм	2110	1910
Дорожный просвет, мм	530	515
Габаритные размеры, мм:		
длина	7300	6700
ширина	2810	2540
высота	3360	2900
Вес трактора в рабочем состоянии с навесным трелевочным оборудованием, кН	158,8	126,4
В том числе навесное трелевочное оборудование	34,3	29,4

го типа. Он установлен на специальной подвеске, которая обеспечивает подвод пильного аппарата к дереву и установку на нужной высоте от земли путем перемещения аппарата в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Погрузочно-формировочное устройство состоит из коника, погрузочного и обвязочного рычагов и гидрополиспада. Погрузочный рычаг служит для приема спиленного дерева и погрузки его коника на коник, а обвязочный рычаг — для увязки формируемой пачки деревьев канатом, чтобы она не сползала с коника при движении машины. Гидрополиспад установлен под коником и предназначен для затяжки канатной петли, образовавшейся после закрытия обвязочного рычага.

Валочно-трелевочная машина ЛП-17 выполнена на базе трактора ТБ-1 и относится к манипуляторному типу машин. Навесное технологическое оборудование включает гидроманипулятор, захватно-срезающее устройство и коник. Захватно-срезающее устройство состоит из двух зажимных рычагов симметричной формы, цепного пильного механизма и гидродомкрата для направленной валки спиленных деревьев. Оно установлено на конце рукояти гидроманипулятора на одном вертикальном и двух горизонтальных управляемых шарнирах. Средняя продолжительность цикла валки и укладки дерева на коник 50...60 с.

Машины ВТМ-4 и ЛП-17 могут работать также в режиме валка — пакетирование. Кроме того, ЛП-17 можно использовать на подготовительно-вспомогательных работах на лесосеке и подборе поваленных деревьев.

#### Техническая характеристика валочно-трелевочных машин

Марка машины	ВТМ-4	ЛП-17
Привод рабочих органов	Гидравлический	
Тип гидронасосов	Шестеренчатые	
Тип гидродвигателя пильного механизма	МНШ-160	210.20 или НШ-50
Давление в гидросистеме, МПа	9,8	12,8
Тип пильного механизма	Цепной, консольный	
Максимальный диаметр спиливаемых деревьев, м	1,2	0,65
Угол поворота захватно-срезающего устройства относительно вертикальной оси, град	—	320
Максимальный валочный момент, кНм	70	75
Максимальный вылет погрузочного рычага от продольной оси машины, м	3,7	—
Грузоподъемность погрузочного рычага на максимальном вылете, кН	29,4	—
Вылет гидроманипулятора, м:		
минимальный	—	1,7
максимальный	—	6
Угол поворота гидроманипулятора, град		173
Грузоподъемность гидроманипулятора на вылете, кН:		
минимальном	—	19,6
максимальном	—	7;8
Тяговое усилие гидроманипулятора, кН		19,6
Производительность машины при расстойке трелевки до 300 м, м <sup>3</sup> /ч	До 20	До 15
Габаритные размеры машины в транспортном положении, мм:		
длина	6670	7050
ширина	2800	2470
высота	3440	3500
Общий вес машины, кН	155,0	112,7

**Трелевочные лебедки.** Лебедка ЛЛ-8 предназначена для привода в действие канатных трелевочных и трелевочно-погрузочных установок, применяемых в равнинной и горной местностях (рис. 1.11, а). Она может применяться также на разгрузке, выгрузке леса из воды и штабелевке. Лебедка выпускается в четырех- и пятибарабанном исполнении, с генератором тока и без него. Основное исполнение — четырехбарабанное, без генератора тока высокой частоты.

Лебедки ЛЛ-12А и ЛЛ-14М унифицированы и отличаются друг от друга в основном количеством барабанов.

Лебедка ЛЛ-12А предназначена для привода в действие подвесных канатных установок, двухбарабанная. По требованию заказчика она снабжается устройством для самопередвижения, аэродинамическим замедлителем и канатоведущим шкивом. Устройство для самопередвижения позволяет затаскивать лебедку

вверх по горному склону к месту установки. Аэродинамический замедлитель представляет собой вентилятор и служит для поддержания требуемой постоянной скорости спуска каретки с грузом по несущему канату установки. Он устанавливается на первичном валу редуктора лебедки и снабжен муфтой включения.

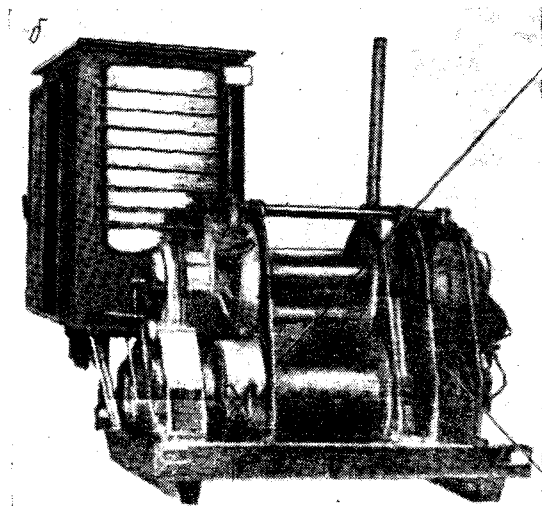
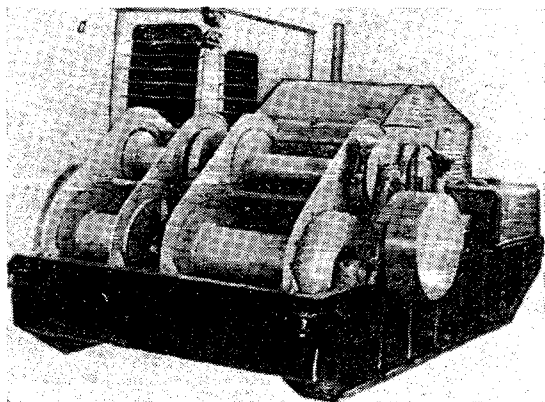


Рис. 1.11. Трелевочные лебедки

Лебедка ЛЛ-14М — четырехбарабанная и имеет то же назначение, что и ЛЛ-8 (рис. 1.11, б). Может применяться также для привода кабель-кранов.

Лебедки снабжены пневмооборудованием для управления фрикционными муфтами сцепления и тормозами. Компрессор обеспечивает рабочее давление в пневмосистеме 68,6 кПа.

## Техническая характеристика лебедок

Марка лебедки	ЛЛ-8	ЛЛ-12А	ЛЛ-14М
Марка двигателя	ЯМЗ-236		ДЗ7Е-С2
Мощность двигателя, кВт	132		37
Число барабанов, шт.	4...5	2	4
Грузовой основной барабан (рабочий трелевочный):			
наибольшее тяговое усилие, кН	61,7		46
скорость движения каната, м/с	0,32...4,5		0,5...6,8
диаметр каната, мм	20	12,5	15,5
канатоемкость, м	400	1000	550
Возвратный основной барабан (возвратный трелевочный):			
наибольшее тяговое усилие, кН	22,5	—	25,5
скорость движения каната, м/с	0,38...7,72	—	0,45...7,76
диаметр каната, мм	11	—	9,9
канатоемкость, м	800	—	800
Грузовой вспомогательный барабан (погрузочный):			
наибольшее тяговое усилие, кН	61,7	25,5	39,2
скорость движения каната, м/с	0,17...1,98		0,35...6,2
диаметр каната, мм	22,5	9,9	15
канатоемкость, м	100	250	160
Возвратный вспомогательный барабан (вспомогательный погрузочный):			
наибольшее тяговое усилие, кН	22,5	—	25,5
скорость движения каната, м/с	0,38...5,5	—	0,45...7,76
диаметр каната, мм	11	—	9,9
канатоемкость, м	200	—	250
Вспомогательный приставной барабан (канатоведущий шкив):			
наибольшее тяговое усилие, кН	22,5	17,6	—
скорость движения каната, м/с	0,86...1,66	0,7...7,6	—
диаметр каната, мм	11	9,9	—
канатоемкость, м	200	—	—
Габаритные размеры, мм:			
длина	3830	2130	2350
ширина	3015	2110	2200
высота	2250	2540	2520
Вес лебедки без канатов, кН	44,1	20,6	27,4

### 1.10. Полуподвесные канатные трелевочные установки для равнинной местности

На лесосечных работах в равнинной местности применяются канатные установки УК-1Р (ТПУ-7) и ТПУ с погрузочными стрелами.

Установка УК-1Р представляет однопролетную полуподвесную трелевочно-погрузочную установку с несущим канатом, приводится в действие от лебедки ЛЛ-8 и позволяет трелевать пачки деревьев или хлыстов комлями вперед на расстоянии до 350 м. Она состоит из двух мачт 2 и 6, несущего каната 5, грузовой каретки 4 с подвесным крюком 9, полиспаста 12 для натяжения несущего каната, лебедки 1 и комплекта канатов и блоков 8 (рис. 1.12, а). Передняя мачта изготавливается из сосны или ели длиной 12...14 м и диаметром в вершине не менее 0,25...0,3 м, а задняя мач-

та 6 — растущее дерево диаметром на высоте груди около 0,4 м. Погрузочные мачты в установке отсутствуют, так как погрузка совмещена с трелевкой и выполняется в конце трелевочного цикла. Для этого лесовозный транспорт 10 устанавливают так, чтобы коник для комлевой части пачки был под несущим канатом. Длина несущего каната 400 м, диаметр 26...28 мм. Натяжение производится вспомогательным барабаном лебедки через полиспаст 12.

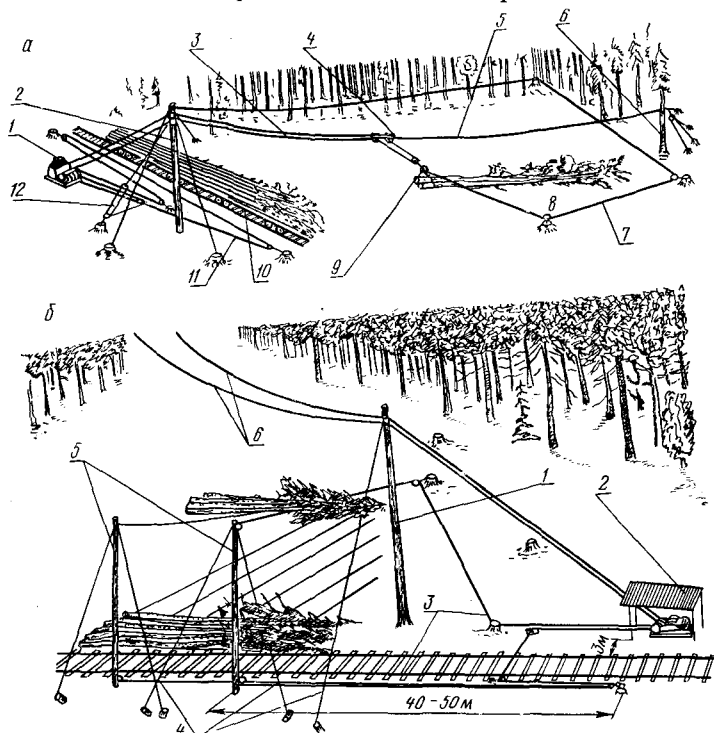


Рис. 1.12. Канатные трелевочно-погрузочные установки для равнинной местности

ТПУ с погрузочными стрелами — установка без несущего каната. Она приводится в действие от лебедок ЛЛ-14М или ЛЛ-8 и позволяет трелевать пачки хлыстов (деревьев) вершиной вперед на расстояние до 300 м. Состоит из трелевочной мачты 1, двух погрузочных стрел 5, канатной системы 6 для трелевки, канатной системы 3 для разворота подтрелеванных пачек и погрузки их на лесовозный транспорт и лебедки 2 (рис. 1.12, б).

В качестве мачты используют растущее дерево диаметром 0,35...0,4 м на высоте груди или же хвойное бревно диаметром в вершине не менее 0,25...0,3 м. Длина мачты 12...14 м. Погрузочные стрелы — деревянные и изготавливаются обычно из хвойных бревен длиной 8...9 м и диаметром в вершине не менее 0,2 м. Стрелы устанавливаются так, чтобы их вершины находились над осью лесовозного уса.

## 1.11. Производительность трелевочных машин

Расчет рейсовой нагрузки на трелевочную машину. Объем пачки хлыстов или деревьев, перемещаемый трелевочной машиной за один рейс, зависит от тяговых возможностей машины, дорожных условий и способа перемещения груза и оказывает существенное влияние на производительность. Чтобы рассчитать рейсовую нагрузку на трелевочный трактор, необходимо составить уравнение

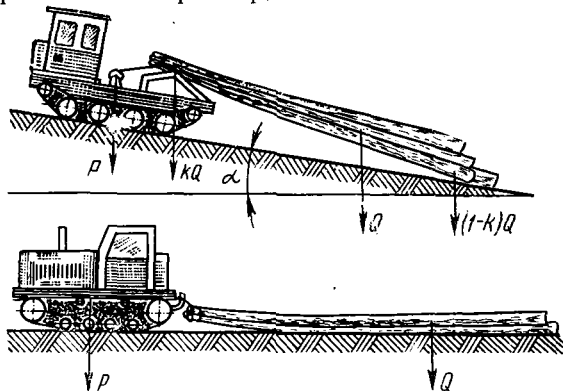


Рис. 1.13. Схемы для расчета рейсовой нагрузки трелевочного трактора

равномерного движения трактора с грузом. При трелевке хлыстов или деревьев в полупогруженном положении (рис. 1.13) оно имеет следующий вид:

$$F_k = P(\omega_T \pm i_p) + Qk(\omega_T \pm i_p) + Q(1-k)(\omega_{II} \pm i_p),$$

где  $F_k$  — касательная силы тяги трактора, кН;  $P$  — вес трактора, кН;  $Q$  — вес трелеваемой пачки, кН;  $k$  — коэффициент распределения веса трелеваемой пачки между трактором и волоком;  $\omega_T$  — удельное сопротивление движению трактора по волоку;  $\omega_{II}$  — удельное сопротивление движению пачки по волоку;  $i_p$  — расчетное значение уклона волока в тысячных долях. Тогда вес трелеваемой пачки будет равен

$$Q = \frac{F_k - P(\omega_T \pm i_p)}{k(\omega_T \pm i_p) + (1-k)(\omega_{II} \pm i_p)}. \quad (1.1)$$

Коэффициенты сопротивления движению трактора и пачки деревьев или хлыстов по волоку зависят от времени года, способа и вида трелевки и приведены в табл. 1.3.

Коэффициент  $k$  показывает, какая доля веса пачки приходится на трелевочный трактор. Он зависит от способа и вида трелевки. Значения коэффициента приведены в табл. 1.4.

При трелевке волоком без подъема передней части перемещаемой пачки  $k=0$ . Тогда формула (1.1) для определения веса трелеваемой пачки примет вид

$$Q = \frac{F_k - P(\omega_T \pm i_p)}{\omega_{II} \pm i_p}. \quad (1.2)$$

Табл. 1.3. Значения  $\omega_T$  и  $\omega_{II}$ 

Наименование движущегося по волоку объекта	Значения $\omega_T$ и $\omega_{II}$ при трелевке, кг / т			
	ТДТ-55	ТТ-4	Т-100М	
	зимой	летом	зимой	летом
Трактор	90...180	140...250	100...140	120...180
Хлысты	500	700	500	700
Деревья	700	900	700	900

Табл. 1.4. Значения коэффициента  $k$ 

Средний объем хлыста, м <sup>3</sup>	Значения $k$ при трелевке		Средний объем хлыста, м <sup>3</sup>	Значения $k$ при трелевке	
	вершинами вперед	комлями вперед		вершинами вперед	комлями вперед
0,2	0,39	0,72	0,6	0,23	0,64
0,4	0,26	0,65	$\geq 0,8$	0,23	0,63

Чтобы вес пачки, полученной по формуле (1.1) или (1.2), трактор мог перемещать по волоку без буксования, должно соблюдать следующее условие:

$$F_{сц} > F_K,$$

где  $F_{сц}$  — сила тяги трактора по сцеплению, кН:

$$F_{сц} = P_{сц} \mu_1,$$

$P_{сц}$  — сцепной вес трактора, кН:

$$P_{сц} = P + kQ;$$

$\mu_1$  — коэффициент сцепления ходовой части трактора с грунтом. Для гусеничных тракторов: летом  $\mu_1 = 0,4...0,8$ ; зимой  $\mu_1 = 0,3...0,5$ . Тогда

$$F_{сц} = (P + kQ) \mu_1. \quad (1.3)$$

Если окажется, что  $F_{сц} < F_K$ , необходимо определить вес трелюемой пачки по сцеплению, подставив в формулу (1.1) или (1.2)  $F_{сц}$  вместо  $F_K$ .

При трелевке хлыстов или деревьев в полупогруженном положении вес трелюемой пачки может ограничиваться грузоподъемностью трактора:

$$Q \leq \frac{q}{k}, \quad (1.4)$$

где  $q$  — грузоподъемность трактора, кН.

Вес трелюемой пачки может также ограничиваться тяговым усилием лебедки трактора... Поэтому необходимо, чтобы

$$Q = \frac{F_L}{\mu_2 \cos \alpha \pm \sin \alpha}, \quad (1.5)$$

где  $F_{л}$  — тяговое усилие лебедки трактора, кН;  $\alpha$  — угол наклона волока к горизонтали, град.

За расчетную нагрузку  $Q_p$  на рейс трактора принимается наименьший вес пачки, определенный по формулам (1.1)...(1.5) и по силе тяги по сцеплению.

Объем древесины в трелюемой пачке

$$M = \frac{Q_p - Q_{кр}}{\gamma},$$

где  $Q_{кр}$  — вес кроны в трелюемой пачке, кН;  $\gamma$  — объемный вес древесины, кН/м<sup>3</sup>. Вес кроны составляет примерно 13...30% от веса трелюемой пачки.

В производственных условиях тяговые свойства трелевочных тракторов используются не полностью, и фактические рейсовые нагрузки, как правило, ниже расчетных. Обусловлено это тем, что на объем трелюемой пачки влияют условия ее формирования, способ трелевки (за вершину или комель) и средний объем хлыста. Очевидно, что при одном и том же количестве деревьев в пачке с увеличением среднего объема хлыста нагрузка на рейс трелевочной машины возрастает. Для расчета производительности трелевочных машин на трелевке деревьев ЦНИИМЭ рекомендуются следующие нормативы нагрузки (табл. 1.5).

Табл. 1.5. Нормативная нагрузка на рейс трактора

Марка трактора	Нормативная нагрузка при среднем объеме хлыста, м <sup>3</sup>							
	0,14...0,17	0,18...0,21	0,22...0,29	0,30...0,39	0,40...0,49	0,50...0,75	0,76...1,1	> 1,1
ТДТ-55	2,1	2,5	3,5	4,0	4,4	4,5	4,7	4,9
ТДТ-75 и Т-100М летом	—	—	—	5,8	7,0	8,0	9,7	12,0
Т-100М зимой	—	—	—	6,6	8,5	9,9	12,4	14,0
ТТ-4	—	—	—	6,6	8,5	9,9	12,4	14,0
ТБ-1	2,1	2,5	3,5	4,0	4,4	4,5	—	—

В результате исследований работы трелевочных тракторов, проведенных ЦНИИМЭ в различных производственных условиях, получены средние нагрузки на рейс трактора (табл. 1.6).

При трелевке леса лебедками полуподвесным способом вес трелюемой пачки зависит от тягового усилия грузового трелевочного барабана лебедки и определяется по формуле

$$Q = \frac{F_T \eta_{бл} - k_p L q_p (\mu_1 \cos \alpha \pm \sin \alpha)}{\mu_2 \cos \alpha \pm \sin \alpha},$$

где  $F_T$  — тяговое усилие грузового трелевочного барабана лебедки на средних витках, кН;  $\eta_{бл}$  — КПД блока:  $\eta_{бл} = 0,96$ ;  $k_p$  — коэффициент, учитывающий, какая часть рабочего каната волочится по волоку;  $L$  — расстояние от трелевочной мачты до направляющих



Табл. 1.6. Нагрузка на рейс трактора

Средний объем хлыста, м <sup>3</sup>	Нагрузка на рейс трактора, м <sup>3</sup>						
	ТДТ-55		ТБ-1		ТТ-4		ЛП-11-1 (ЛП-18)А
	за ком-ли	за вершин-ны	за комли от вальщи-ка	за комли от ЛП-2	за комли	за вершин-ны	за комли от ЛП-2
До 0,3	3,0	3,2	2,5	3,0	3,0	3,2	3,6
0,31...0,5	3,5	4,8	3,8	3,5	5,0	6,0	4,9
0,51...0,7	4,7	5,5	4,8	4,5	6,2	8,0	7,4
0,71...0,9	5,4	6,3	6,0	6,1	8,3	9,5	8,8
≥0,91	6,0	7,3	5,8	6,2	9,0	12,0	10,5

угловых блоков;  $q_p$  — вес 1 пог. м грузового трелевочного каната;  $\mu_1$  — коэффициент сопротивления движению каната по волоку: зимой  $\mu_1=0,35$ ; летом  $\mu_1=0,5$ ;  $\mu_2$  — коэффициент сопротивления движению пачки по волоку: зимой  $\mu_2=0,3$ ; летом  $\mu_2=0,8$ ;  $\alpha$  — угол наклона волока к горизонтали: при движении пачки по волоку на спуск  $\sin \alpha$  принимается со знаком минус.

Объем трелеваемой древесины в пачке

$$M = \frac{Q - Q_{кр}}{\gamma}$$

**Расчет производительности трелевочных машин.** Производительность трелевочной машины оценивают по сменной выработке и выработке на списочный трактор за год. На производительность машин на трелевке оказывают влияние расстояние трелевки, средний объем хлыста, почвенно-грунтовые условия, рельеф местности и время года. Зависит она также от их технического состояния, совершенства технологии и организации работ, состояния трелевочных волоков. Сокращение затрат времени на подготовительно-заключительные работы и техническое обслуживание без ухудшения качества их проведения увеличивает продолжительность рабочего времени на трелевке, а следовательно, и производительность трелевочной машины. Проведение технического обслуживания и текущего ремонта трелевочных машин специальной бригадой в межсменное время позволяет повысить сменную производительность машин на 6...8%.

$$П = \frac{(T_c - t_{п.-з.}) \varphi_1 M_{ср}}{\frac{L}{v_r} + \frac{L}{v_x} + t_{пр} + t_o} \text{ м}^3, \quad (1.6)$$

где  $T_c$  — продолжительность смены; с,  $t_{п.-з.}$  — время на подготовительно-заключительные операции, с;  $t_{п.-з.}=2400$ ;  $\varphi_1$  — коэффициент использования рабочего времени, учитывающий время на отдых, личные надобности и перенос канатно-блочной системы из сектора в сектор (при трелевке лебедками);  $M_{ср}$  — средний объем трелеваемой пачки, м<sup>3</sup>;  $L$  — среднее расстояние трелевки, м;  $v_r$  — средняя скорость движения машины с грузом (скорость перемещения пачки по волоку), м/с;  $v_x$  — средняя скорость движения машины без груза (скорость подачи прицепного оборудования к месту чоковойки),

м/с;  $t_{\text{пр}}$  — время на чокеровку деревьев (хлыстов) и формирование пачки, с;  $t_0$  — время на отцепку пачки и чокеров на погрузочном пункте, выравнивание комлей, с.

$L/v_r + L/v_x$  — время пробега трелевочным средством расстояния трелевки в обоих направлениях, принимается по нормативам времени на пробег расстояния трелевки на рейс, приведенным в действующих нормах выработки на лесозаготовительные работы. При их отсутствии значения  $v_r$  и  $v_x$  берутся по технической характеристике машины применительно к конкретным производственным условиям или же определяются хронометражными наблюдениями.

Время  $t_{\text{пр}}$  и  $t_0$  определяется по следующим формулам:

а) для тракторов ТДТ-55, ТТ-4 (ТДТ-75) и Т-100М (при трелевке летом)

$$t_{\text{пр}} = 2,0 + 0,08l + \frac{0,8M_{\text{ср}}}{nq_x} + \frac{2M_{\text{ср}}}{n} \text{ мин};$$

б) для трактора Т-100М при трелевке зимой

$$t_{\text{пр}} = 5,0 + 0,45 \frac{M_{\text{ср}}}{q_x} + \frac{175M_{\text{ср}}}{q_0} \text{ мин};$$

в) для тракторов ТДТ-55, ТТ-4 (ТДТ-75) и Т-100М

$$t_0 = 0,6 + \frac{0,06M_{\text{ср}}}{q_x} + 0,5M_{\text{ср}} \text{ мин};$$

г) для тракторов ТБ-1 и ЛП-18 при валке леса бензопилами

$$t_{\text{пр}} = 0,25q_x M_{\text{ср}} + 0,44 \frac{M_{\text{ср}}}{q_x} + 0,4M_{\text{ср}} + \frac{123}{q_0} + 0,32 \text{ мин};$$

$t_0 = 0,24 M_{\text{ср}} + 1,33$  мин (с учетом выравнивания комлей), где  $l$  — среднее расстояние подачи тягового каната от трактора к месту чокеровки хлыстов (деревьев), м;  $M_{\text{ср}}$  — средний объем трелеваемой пачки, м<sup>3</sup>;  $n$  — количество рабочих, участвующих в чокеровке хлыстов (деревьев);  $q_x$  — средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  $q_0$  — ликвидный запас древесины на 1 га, м<sup>3</sup>.

Для подборщиков-трелевщиков пачек  $t_{\text{пр}}$  и  $t_0$  определяются хронометражными наблюдениями из-за отсутствия нормативов.

При полуподвесной трелевке леса лебедками с применением постоянного прицепного оборудования время  $t_{\text{пр}}$  и  $t_0$  зависит от среднего объема хлыста и объема трелеваемой пачки и определяется по следующим эмпирическим формулам:

$$t_{\text{пр}} = a_0 M_{\text{ср}}; \quad t_0 = b_0 + c_0 M_{\text{ср}}.$$

Коэффициенты  $a_0$ ,  $b_0$ ,  $c_0$  определяются опытным путем и приведены в табл. 1.7.

По формуле (1.6) определяется также производительность лебедки, занятой на трелевке и погрузке. При этом если трелевка и погрузка производятся в одно и то же время, то производительность лебедки на погрузке должна быть равной или несколько выше производительности на трелевке. Если погрузка производится в процессе трелевки, как например в установке УК-1Р, общая про-

Табл. 1.7. Значения коэффициентов  $a_0$ ,  $b_0$ ,  $c_0$

Средний объем хлыста, $M_3$	Значения коэффициентов			Средний объем хлыста, $M^3$	Значения коэффициентов		
	$a_0$	$b_0$	$c_0$		$a_0$	$b_0$	$c_0$
0,15...0,25	4,1	3,0	0,38	0,51...0,75	3,1	2,7	0,18
0,26...0,50	3,5	2,9	0,24	0,76...1,0	2,3	2,1	0,13

изводительность лебедки определяется ее производительностью на трелевке. При частичном совмещении операций трелевки и погрузки по времени или раздельном выполнении их одним и тем же оборудованием общая производительность лебедки, обслуживающей такую трелевочно-погрузочную установку, определяется по формуле

$$P = \frac{P_T P_P}{P_T + P_P},$$

где  $P_T$  — производительность лебедки на трелевке,  $M^3$ ;  $P_P$  — производительность лебедки на погрузке,  $M^3$ .

Сменная производительность валочно-трелевочной машины

$$P = \frac{(T_c - t_{п.з}) \Phi_1 M_{ср}}{\frac{M_{ср}}{q_x} (t_1 + t_2 + t_3) + \frac{L}{v_T} + \frac{L}{v_x} + \frac{M_{ср}}{n_D q_x} t_{п} + t_p} M^3,$$

где  $t_1$  — время на передвижение машины от дерева к дереву (для машины типа ВТМ-4) или время на подвод захватно-срезающего устройства к дереву и захват дерева (для машин типа ЛП-17), с;  $t_2$  — время на спиливание дерева, с;  $t_3$  — время на погрузку комля спиленного дерева на коник, с;  $n_D$  — количество деревьев, спиливаемых с одной стоянки, шт.;  $t_{п}$  — время на перемещение машины с одной стоянки на другую в процессе формирования пачки, с;  $t_p$  — время на разгрузку машины на погрузочном пункте и выравнивание комлей, с.

Нормативные данные для расчета производительности валочно-трелевочных машин не установлены. Значения  $v_T$  и  $v_x$  берутся из технических характеристик машин,  $q_x$  — из лесорубочного билета, другие данные рассчитываются или определяются хронометражными наблюдениями.

Время на спиливание дерева

$$t_2 = \frac{\pi d^2}{4 P_{п} \Phi_2},$$

где  $d$  — средний диаметр дерева в месте спиливания, м;  $P_{п}$  — производительность чистого пиления пильного аппарата,  $M^2/c$  (берется из технической характеристики);  $\Phi_2$  — коэффициент использования пильного аппарата по производительности чистого пиления.

По данным производственных испытаний, машина ЛП-17 с одной стоянки спиливает в среднем 2...3 дерева, переезды с одной стоянки на другую составляют 9...12 с, нагрузка на рейс — 5...7  $M^3$ . Время на переезды от дерева к дереву для машины ВТМ-4 в среднем 16...20 с, нагрузка на рейс 4,5...7,0  $M^3$  и зависит от среднего объема хлыста.

## Глава 2. ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНАЯ СЕТЬ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

---

### 2.1. Структура дорожно-транспортной сети

Объектом деятельности лесозаготовительного предприятия служит закрепленный за ним лесной массив (сырьевая база). Для его освоения, а также при проведении рубок ухода, охране лесов от пожаров и выполнения других лесохозяйственных работ необходима развитая дорожная сеть. По сроку действия, количеству перевозимого груза и затратам на строительство дорожная сеть подразделяется на следующие составляющие элементы: магистраль, ветки и усы (рис. 2.1).

Магистрали обычно составляют 2...7%, ветки — 10...15 и усы 80...85% от общей длины дорог. Пробег транспортных машин по магистралям — 60...70%, веткам — 20...35 и усам — 5...8%. Неодинаковый объем лесных грузов приходится на различные элементы дорожно-транспортной сети (рис. 2.2). На головной участок магистрали — максимальный, а на дороги, подходящие непосредственно к лесосекам, — минимальный. Это обстоятельство приводит к дифференцированным нормам на проектирование магистралей, веток и усов, необходимости принимать различные конструктивные решения, по-разному организовывать их содержание и ремонт.

Собирательный характер транспорта леса, существенные различия эксплуатационных качеств транспортных путей в пределах одной сырьевой базы приводят к необходимости применять различные транспортно-технологические схемы.

1. Сеть дорог по своей структуре и качеству сравнительно однородна, низших категорий. Вывозка леса осуществляется одним транспортным средством (бестрелевочная вывозка).

2. Структура дорожной сети менее однородна. Выделяются магистрали, ветки и усы. Для транспортировки леса по лесосекам прокладываются волоки. Транспорт леса в целом состоит из двух технологических элементов — трелевки и вывозки.

3. В структуре дорожной сети еще в большей степени наблюдается разница между качеством отдельных ее элементов. Имеются грузосборочные дороги, магистрали, подъездные пути и волоки. Транспорт леса включает: трелевку, подвозку и вывозку.

Наиболее распространенной является вторая транспортно-технологическая схема.

Трелевка обеспечивает сбор древесины на лесосеке и перемещение ее в пункты погрузки (верхние склады); вывозка — перемещение древесины от верхних складов до нижних или пунктов потребления древесины (деревобрабатывающие предприятия).

На структуру дорожно-транспортной сети, качество и очередность ее создания влияют эксплуатационные запасы леса и характер их размещения по территории, почвенно-грунтовые условия, наличие и степень развития сети дорог общего пользования, планируемые ежегодные объемы заготавливаемой древесины, вид транспорта, тип транспортных машин, а также выбранная схема транспортного освоения. Различают следующие схемы транспортного освоения.

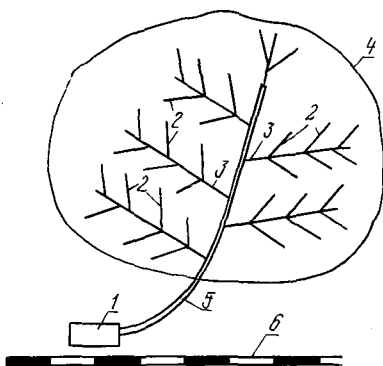


Рис. 2.1. Схема транспортных путей в лесном массиве:

1 — нижний склад; 2 — усы; 3 — ветка; 4 — граница сырьевой базы; 5 — магистраль; 6 — тупик железной дороги

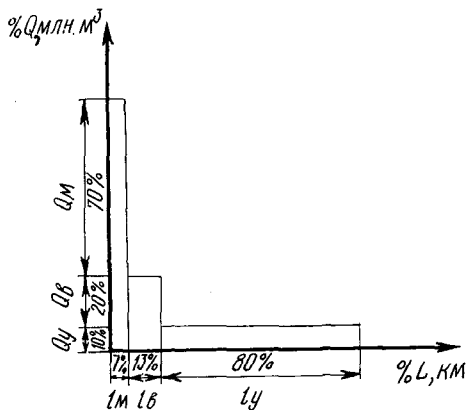


Рис. 2.2. Распределение объема вывозки древесины по категориям лесовозных дорог

1. Последовательное продвижение в глубь лесного массива от пункта примыкания с постепенным удлинением магистрали и веток на минимально необходимую длину, обеспечивающую фронт работы.

2. Магистраль в первые годы освоения лесного массива строится до его центра. Лесозаготовки проводятся непосредственно вдоль магистрали в первые годы эксплуатации и на удаленных от магистрали участках в последующие годы.

3. Территория лесосырьевой базы разделяется на зоны со сроком эксплуатации 10...15 лет. Освоение каждой зоны производится раздельно.

Схема транспортного освоения влияет также на скорость ввода в эксплуатацию производственных мощностей, размер пусковых комплексов и другие производственно-экономические показатели.

## 2.2. Измерители дорожно-транспортной сети

Для оценки и сравнения условий работы лесотранспорта, сопоставления различных лесовозных дорог применяются численные критерии, или измерители.

1. Объем перевозки — общее количество древесины, перевозимой

ное по дороге в единицу времени (год, сутки и т. д.). Он устанавливается в зависимости от ликвидного запаса в лесном массиве ( $M$ ,  $m^3$ ), срока его эксплуатации ( $T$ , лет) и выражается формулой

$$Q_{\text{год}} = \frac{M}{T} \text{ м}^3/\text{год.}$$

Объем перевозок всей дороги определяется как сумма объемной отгрузки в каждом погрузочном пункте (рис. 2.3, а).

$$Q_{\text{год}} = \sum q_i = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n,$$

где  $q_i$  — объемы погрузки древесины в  $i$ -х погрузочных пунктах,  $m^3$ .

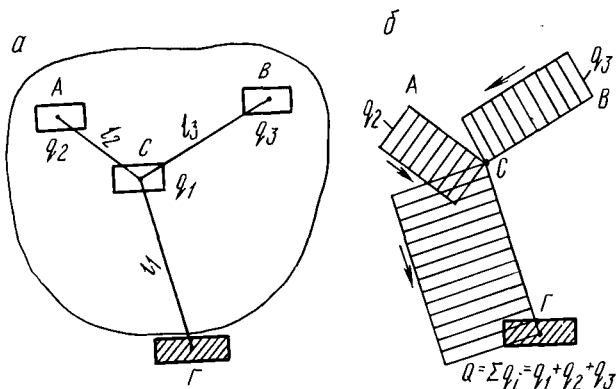


Рис. 2.3. Схема лесовозной дороги:  
а — расположение погрузочных пунктов; б — график грузо-  
токов

Следовательно, каждому участку дороги соответствует свой объем перевозок, который является не только транспортным показателем, но и измерителем работы лесозаготовительного предприятия. Исходя из объема перевозок и расстояния вывозки, устанавливается требуемое количество транспортных средств.

2. Грузооборот (грузовая работа) — произведение объема (количества) перевозимого груза на расстояние вывозки. Грузооборот дороги показывает, какое количество кубометрокилометров ( $m^3 \cdot \text{км}$ ) оборачивается по данной дороге и каждому отдельному участку дорожной сети. Следовательно, общий грузооборот дороги

$$R = R_A + R_B + R_C = \sum R_i = \sum q_i L_i,$$

где  $R_i$  — грузооборот дороги при перевозке древесины с  $i$ -го погрузочного пункта,  $m^3 \cdot \text{км}$ .

По размерам грузооборота можно приближенно рассчитать затрату энергии, времени и средств на перемещение грузов, вычислить требуемое количество топлива и подвижного состава, штат дороги и общую эксплуатационную стоимость выполнения данного задания.

Графические изображения объема перевозок и грузовой работы (в соответствующих масштабах) на схеме транспортных путей называются *схемой грузопотоков* (рис. 2.3, б), показывают неравномерную загруженность отдельных участков лесовозной дороги и нарастание грузопотока по мере приближения к пункту примыкания лесовозной дороги — Г (нижний склад).

3. Средневзвешенное расстояние вывозки древесины по лесовозной дороге, или средневзвешенный пробег каждого кубометра древесины, перевезенного по этой дороге, определяется как частное от деления общего грузооборота  $\sum R_i$  на объем перевозок  $\sum q_i$

$$l_{\text{ср}} = \frac{\sum R_i}{\sum q_i} = \frac{q_1 l_1 + q_2 l_2 + \dots + q_i l_i}{q_1 + q_2 + \dots + q_i} \text{ км.}$$

От средневзвешенного расстояния вывозки зависит выбор типа транспорта. Оно используется при определении производительности и потребного количества перевозочных средств, для расчета топлива и себестоимости перевозки древесины.

4. Эксплуатационная протяженность путей — общая протяженность всех путей, находящихся в данный момент в эксплуатации. Определяется по формуле:

$$L_{\text{эксп}} = L_{\text{м}} + L_{\text{в}} + L_{\text{у}},$$

где  $L_{\text{м}}$ ,  $L_{\text{в}}$ ,  $L_{\text{у}}$  — эксплуатационная длина магистрали, веток и усов, км.

Под *эксплуатационной длиной* лесовозной дороги понимают среднее протяжение всех путей, находящихся в эксплуатации в данный период, которые постоянно изменяются по мере строительства новых путей и разборки части старых (веток, усов). По этому показателю определяют потребность в рабочих на содержание и ремонт пути, его используют для расчета других показателей.

5. Коэффициент пробега — отношение средневзвешенного расстояния вывозки к полной эксплуатационной длине дороги со всеми разветвлениями

$$\alpha = \frac{l_{\text{ср}}}{L_{\text{эксп}}}.$$

Коэффициент пробега можно также назвать коэффициентом использования лесотранспортной сети, так как он характеризует транспортную загруженность дороги и приближение дороги к лесосекам. В лесозаготовительных предприятиях он равен примерно 0,3...0,85 со значительными колебаниями для отдельных видов транспорта и в частных случаях их применения.

6. Коэффициент разветвленности дорожной сети — отношение эксплуатационной длины путей к средневзвешенному расстоянию вывозки

$$\beta = \frac{L_{\text{эксп}}}{l_{\text{ср}}} = \frac{1}{\alpha}.$$

Коэффициент  $\beta$  отражает собирательный характер лесотранспорта и, следовательно, разветвленность дорожной сети и колеблется в пределах 1,5...3,5.

7. Коэффициент удлинения дорожной трассы показывает, во сколько раз действительная протяженность данного участка дороги длиннее прямой линии, соединяющей его начальный и конечный пункты:

$$1 + m = \frac{L_d}{L_b},$$

где  $1 + m$  — коэффициент удлинения трассы, зависит от типа дороги, ее категории и рельефа местности;  $L_d$  — действительная длина трассы, км;  $L_b$  — кратчайшее расстояние (по воздуху) между рассматриваемыми точками, км.

8. Коэффициент развития линии показывает относительное увеличение действительной длины дороги против воздушной длины:

$$m = \frac{L_d - L_b}{L_b}; m = 0,1 \dots 0,4.$$

9. Грузонапряженность дороги (густота движения) определяется как отношение грузооборота к протяженности эксплуатационных путей:

$$W = \frac{R}{L_{\text{эксп}}}.$$

Существует зависимость между грузонапряженностью и типом дорог. Чем больше грузонапряженность, тем прочнее должна быть конструкция дороги. Грузонапряженность используется для сравнительной оценки работы однотипных дорог.

10. Удельный объем вывозки — производительность единицы пути, или объем вывозки, приходящийся на 1 км эксплуатационной длины дороги в единицу времени (год, сутки и т. д.):

$$d = \frac{Q_{\text{год}}}{L_{\text{эксп}}}.$$

11. Удельная протяженность путей (густота дорожной сети) — протяженность путей постоянного и временного типов, приходящаяся на единицу площади лесного массива:

$$l = \frac{L_m + L_z + L_y}{F},$$

где  $L_m$ ,  $L_b$ ,  $L_y$  — общая протяженность магистрали, веток и усов, необходимых при освоении лесосырьевой базы, км;  $F$  — общая площадь лесосырьевой базы, га.

Этот измеритель дает представление о протяженности различных типов дорог, необходимых для освоения лесного массива площадью в 1 га, и характеризует густоту дорожной сети в лесном массиве.



От правильного установления удельной протяженности дорог зависят размер затрат на строительство дорожной сети, расходы на трелевку и вывозку древесины.

### 2.3. Схемы размещения транспортных путей в лесных массивах

В практике проектирования лесовозных дорог широкое распространение получили следующие схемы размещения сети лесовозных путей в пределах сырьевой базы: в «елочку», вильчатая и с раздвоенной магистралью.

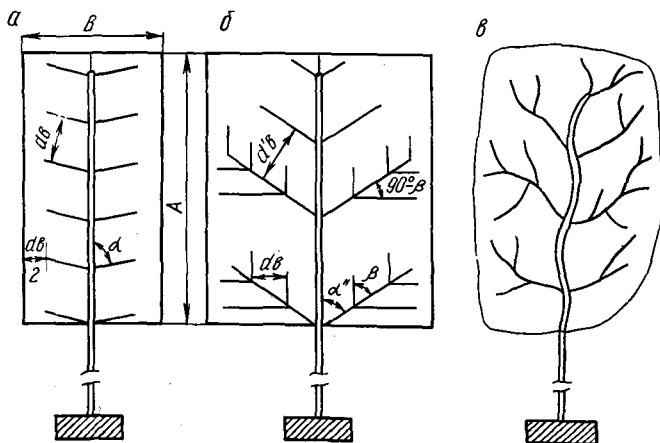


Рис. 2.4. Схема лесотранспортных сетей в «елочку»:

*a* — с ветками, не имеющими ответвлений постоянного типа; *б* — с длинными ветками, имеющими ответвления постоянного типа второго порядка; *в* — пример трассирования данной схемы с учетом рельефа местности

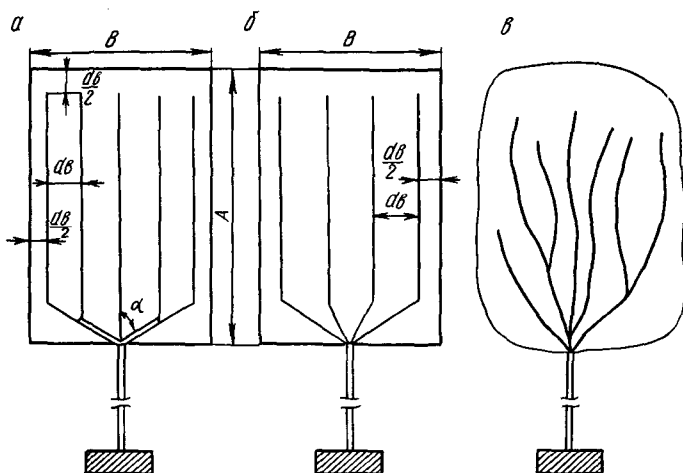


Рис. 2.5. Вильчатая схема лесотранспортных сетей

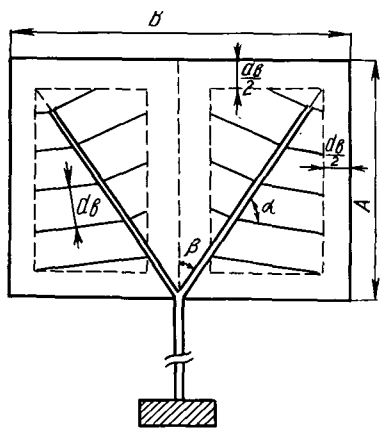


Рис. 2.6. Схема лесотранспортной сети с раздвоенной магистралью

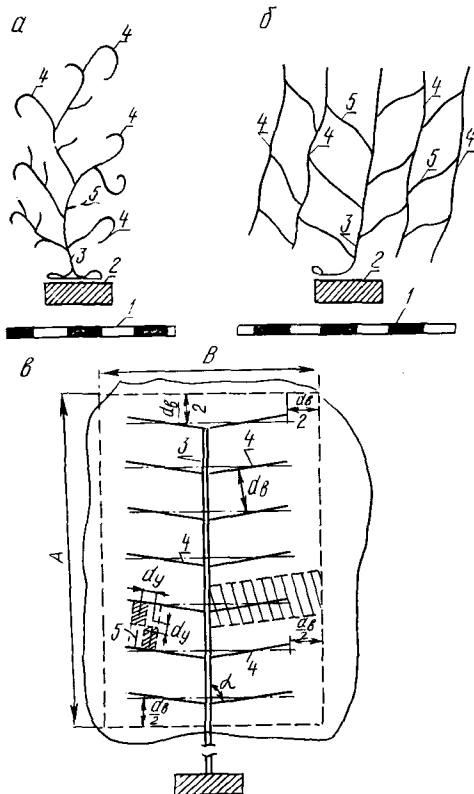


Рис. 2.7. Схемы транспортных путей:

$\alpha$  — с «обратным заездом»;  $\beta$  — параллельных ко-горных ходов;  $\nu$  — расчетная схема: 1 — подъездной путь; 2 — погрузочный пункт; 3 — магистраль; 4 — ветки; 5 — усы

На рис. 2. 4 приведено несколько возможных вариантов схемы размещения сети дорог в «елочку». Для большей ясности на рисунке показаны только магистраль и ветки. Вариант на рис. 2.4,  $a$  отличается наиболее простой структурой. Схема на рис. 2.4,  $b$  более сложна: в ней наряду с магистралью имеются ветки 1-го порядка, к которым примыкают ветки 2-го порядка и соответствующая сеть усов. Данную схему наиболее целесообразно применять лишь в резко пересеченной и горной местности, где диктуется рельефом и разветвленностью речной системы данного бассейна.

Вильчатую схему (рис. 2.5) целесообразнее использовать при освоении узких и вытянутых сырьевых баз. В частности, она удобна при организации вывозки леса кольцевым методом и при одностороннем движении поездов по однопутным веткам. На рис. 2.5,  $a$  представлен вариант вильчатой схемы, при котором ветки соединяются в единую магистраль на коротком разветвленном участке магистрали, входящей в глубь лесосырьевой базы. Разновидностью данной схемы является соединение веток в единую магистраль на границе сырьевой базы (рис. 2.5,  $b$ ). На рис. 2.5,  $v$  приведен пример лесотранспортной сети вильчатой схемы, протрассированной с учетом фактического рельефа местности и размещения лесных ресурсов базы.

При значительной ширине сырьевой базы и относительно

Табл. 2.1. Формулы для расчета протяженности транспортных путей

Протяженность транспортных путей	Схемы лесотранспортных сетей	с двумя магистральями
в «елочку»	вильчатая	
<p>Длина магистрального пути в пределах сырьевой базы <math>L_M</math>, км</p>	$L_M = \left( A - \frac{d_B}{2} - \frac{B - d_B}{4} \operatorname{ctg} \alpha \right) k_p$	$L_M = k_p \sqrt{4A^2 + B^2}$
<p>Длина веток <math>\Sigma L_B</math>, км</p>	$\left[ \frac{A(B - d_B)}{d_B \sin \alpha} + \frac{B - d_B}{4} \operatorname{ctg} \alpha \right] k_p$	$\frac{(2A - d_B)(B - d_B)}{2d_B} k_p$
<p>Суммарное протяжение путей постоянного типа (магистрали и веток) <math>\Sigma L</math>, км</p>	$\left[ \frac{B - d_B}{\sin \alpha} + \frac{(A - 0,75d_B)B}{d_B} \right] k_p$	$\left[ \sqrt{4A^2 + B^2} + \frac{(2A - d_B)(B - d_B)}{2d_B} \right] k_p$
<p>Среднее расстояние вывозки леса по лесосырьевой базе в целом <math>L_{cp}</math>, км</p>	$\left[ 0,5A - \frac{B}{4} \operatorname{ctg} \alpha + \frac{B}{4 \sin \alpha} \right] k_p$	$\left( \frac{A}{6} + \frac{B}{12} + \frac{\sqrt{4A^2 + B^2}}{6} \right) k_p$

небольшой длине целесообразно применять схему размещения путей лесотранспорта, имеющую в своем составе не одну, а две проходящие магистрали, как показано на рис. 2.6.

Кроме рассмотренных основных схем лесотранспортных сетей, применяются и другие, представленные на рис. 2.7. При сравнении вариантов схем транспортного освоения лесосырьевых баз и видов транспорта, а также разного рода экономических разработок протяженность дорог и среднее расстояние вывозки для всего лесного массива определяют укрупненно.

В табл. 2.1. сведены формулы проф. Б. А. Ильина, по которым рассчитывается протяженность транспортных путей для рассмотренных основных схем освоения лесных массивов. В приведенных расчетных формулах приняты следующие условные обозначения:  $A$  — длина лесосырьевой базы, км;  $B$  — ширина лесосырьевой базы, км;  $d_b$  — среднее расстояние между ветками;  $k_p$  — коэффициент развития линии;  $\alpha$  — угол примыкания ветки 1-го порядка к магистрали, град:  $\alpha = 50 \dots 70^\circ$ ;  $\alpha_1 = \operatorname{arctg} \frac{B - d_b}{d_b}$  — угол между направлением лесного грузопотока по ветке и магистрали, град.

Следует отметить, что при разработке проекта сети лесовозных путей в пределах сырьевой базы необходимо учитывать интересы лесозаготовителей по обеспечению наилучших условий вывозки леса, интересы лесного хозяйства и обеспечение надежных транспортных связей предприятия с районной дорожной сетью.

#### 2.4. Экономическое трассирование магистрали

Проектирование транспортной сети в лесных массивах можно разбить на ряд этапов: 1) определение направления магистральных лесовозных путей; 2) определение углов примыкания веток к магистралям; 3) определение густоты сети (расстояния между усами и ветками).

Существуют различные критерии оценки выгодности вариантов начертания сети лесовозных дорог. Способ веревочных многоугольников, предложенный Н. М. Невеским, требует большого количества графических построений.

Позднее А. А. Ранцевым был предложен другой, более простой прием установления направления магистрали дороги исходя из принципа обеспечения минимальной грузовой работы на ветках (рис. 2.8). Минимальная транспортная работа соответствует условию

$$R_0 = \frac{Q}{2} (l_l + l_p) = \min,$$

где  $R_0$  — суммарная грузовая работа для всей полосы,  $\text{м}^3 \cdot \text{км}$ ;  $Q$  — запас древесины во всей полосе,  $\text{м}^3$ ;  $l_l$ ,  $l_p$  — среднее расстояние подвозки древесины из левой и правой частей полосы к оси дороги, км.

Этот метод не позволяет учитывать различия в грунтовых, гидрологических и топографических условиях, которые в значитель-

ной степени определяют стоимость строительства дорог и себестоимость перевозок грузов.

Учесть разницу в условиях строительства и эксплуатации дорог на участках, расположенных с левой и правой сторон от направления трассы, позволяет метод редуцирующих коэффициентов, предложенный проф. Б. И. Кувалдиным. В данном случае критерием оптимальности является себестоимость перевозки древесины. Ми-

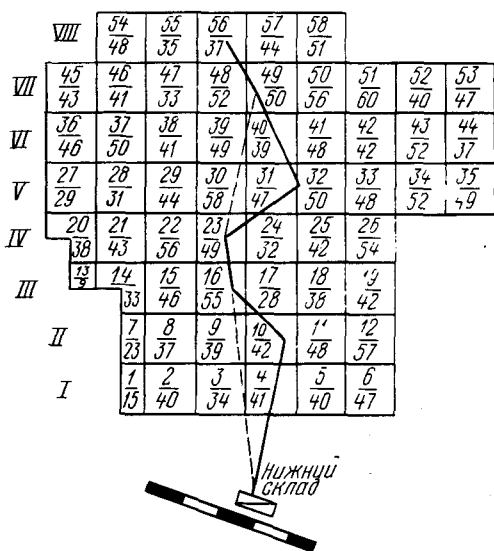


Рис. 2.8. Установление предварительного местоположения трассы магистрали

нимальная себестоимость транспортной работы на полосе соответствует условию

$$C_{л} l_{л} \sum q_{л} + C_{п} l_{п} \sum q_{п} = \frac{Q_0}{2} (l_{л} + l_{п}) C_{ср},$$

где  $C_{л}$ ,  $C_{п}$  — себестоимость 1 м<sup>3</sup> · км при перевозке древесины соответственно с левой и правой сторон от магистрали (см. табл. 2.4);  $\sum q_{л}$ ,  $\sum q_{п}$  — суммарный запас древесины, перевозимой соответственно с левой и правой сторон;  $C_{ср}$  — среднее значение себестоимости перевозок по полосе, равное

$$C_{ср} = \frac{2C_{л}C_{п}}{C_{л} + C_{п}}.$$

Редуцирующие коэффициенты  $\alpha_{л}$  и  $\alpha_{п}$  определяются из соотношений:

$$\alpha_{л} = \frac{C_{л}}{C_{ср}}; \quad \alpha_{п} = \frac{C_{п}}{C_{ср}}.$$

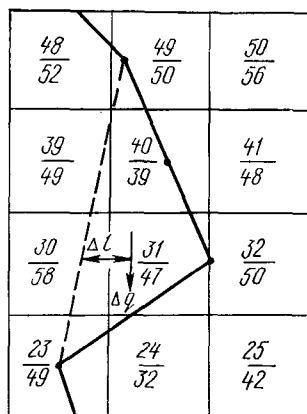


Рис. 2.9. Спрямление изломанных участков магистрали при проектировании трассы дороги

Оптимальное положение дороги определяется из условия, чтобы объем перевозимой древесины с левой стороны магистрали был равен  $\sum q_{л} = \frac{Q_0}{2\alpha_{л}}$ , а с правой —  $\sum q_{п} = \frac{Q_0}{2\alpha_{п}}$ .

Используя данный метод, можно установить в первом приближении нужное направление магистрального пути лесовозной дороги, при котором расстояние вывозки леса по веткам будет минимальным. Однако в случае неравномерного размещения запасов древесины в пределах границ сырьевой базы теоретическая трасса магистрали может получиться изломанной. В таких случаях магистраль следует спрямить, увеличив расстояние вывозки по веткам.

Профессор Б. А. Ильин предложил формулу для проверки целесообразности спрямления магистрали в каждом конкретном случае (рис. 2.9):

$$L_c \geq \frac{k_b \Sigma q \Delta l}{k_m Q + E_n C_m},$$

где  $L_c$  — уменьшение длины магистрали при ее спрямлении, км;  $k_b$  — стоимость 1 м<sup>3</sup> · км грузовой работы на ветках (переменная часть расходов), руб.;  $q$  — запас древесины на участке полосы, расположенном между старым и новым положением оси магистрали, км;  $\Delta l$  — расстояние от центра тяжести этого участка до нового положения оси магистрали, км;  $k_m$  — стоимость перевозки 1 м<sup>3</sup> · км по магистрали, руб. (переменная часть расходов, зависящая от расстояния вывозки);  $Q$  — общее количество древесины, перевозимое по рассматриваемому участку магистрали, м<sup>3</sup>;  $E_n$  — нормативный коэффициент экономической эффективности:  $E_n = 0,12$ ;  $C_m$  — стоимость строительства 1 км магистрали, руб. (см. табл. 2.3).

Табл. 2.2. Формулы для расчета протяженности лесовозных дорог

Протяженность магистрали	Протяженность веток
$L_m = L_{тр} + 0,123 \sqrt{\frac{M}{q_{об}}}$	$L_b = 1,525 \cdot 10^{-3} \frac{M}{q_{об}}$
$L_m = 0,123 \sqrt{\frac{M}{q_{об}}}$	$L_b = \frac{k_p M}{100 d_b q} - 0,123 \sqrt{\frac{M}{q_{об}}}$
$L_m = \left[ \frac{M}{2q_{об}(l_b + l_t)} - (l_y + l_t) \right] k_p$	$L_b = \frac{M l_b k_p}{q_{сп}(l_b + l_t) 2(l_y + l_t) 100}$
$L_m = \frac{k_p M}{100 q_{сп} d_b}$	$L_b = \frac{k_p Q_b}{100 q_{сп} d_b}$

В табл. 2.2 приводятся наиболее часто применяемые формулы по определению протяженности лесовозных дорог.

Принятые обозначения:  $L_M$  — длина магистрали, км;  $L_B$  — длина веток, км;  $M$  — ликвидный запас древесины в лесосырьевой базе, м<sup>3</sup>;  $q_{об}$  — ликвидный запас древесины на 1 га общей площади сырьевой базы, м<sup>3</sup>;  $q_{ср}$  — ликвидный запас древесины на 1 га площади (средней между общей и эксплуатационной), м<sup>3</sup>;  $l_B$  — средняя длина ветки, км;  $l_U$  — средняя длина уса, км;  $l_T$  — расстояние трелевки, км;  $L_{Тр}$  — транзитный участок магистрали, км;  $k_p$  — коэффициент развития линии;  $d_B$  — расстояние между ветками, км.

При сетевом проектировании лесовозных дорог необходимо выбирать наиболее рациональное направление веток по отношению к магистрали. От величины угла примыкания зависит длина путей, транспортная работа, расходы на содержание транспортной сети.

С. К. Лебедев и В. В. Щелкунов вывели формулу для определения оптимального угла примыкания веток к магистрали

$$\cos \alpha = \frac{C_M - 2 \frac{L_{п} b_B}{d_B M}}{C_B - \frac{d_B b_M}{L_{п} M}}$$

Табл. 2.3. Усредненная стоимость строительства 1 км лесовозной автодороги (тыс. руб.) и себестоимость 1 м<sup>3</sup>.км транспортной работы (коп.)

Наименование дорог	Магистраль			Ветка	Себестоимость 1 м <sup>3</sup> .км транс- порта леса, коп.
	ширина земляного полотна, м				
	10	8	5,5	5	
Дороги с покрытием из щебеночных, гравийных материалов, обработанных вяжущими (с черным покрытием)	47,6...60,1	—	—	—	6,5...7,5
Гравийные дороги	25,1...36,0	18,7...27,8	13,5...21,0	10,8...16,9	7...8
Колейные дороги из сборного железобетона	38,3...50,3	34,8...45,6	31,6...42,4	24,5...35,3	6...7
Дороги с покрытием из грунта, обработанного вяжущими материалами:					
органическими	37,5...50,2	30,6...41,3	21,3...30,3	18,2...25,5	7...7,5
неорганическими	30,5...42,1	24,9...34,7	17,6...25,3	14,5...21,1	8...9
Грунтово-гравийные дороги (улучшенные добавками гравийного материала)	—	—	10,7...18,0	8,4...14,3	9...11
Дороги только зимнего действия (с нежно-уплотненными)	—	—	2,9...4,6	—	3,5

Табл. 2.4. Расходы, учитывающие стоимость простоев (а) и пробега тягачей (б) на дорогах с различными типами дорожных покрытий при вывозке по магистралям, веткам и усам

Схема автопоезда	Машинная составляющая, включающая зарплату водителей на 1 м <sup>3</sup> вывозки, коп. для дорог											
	гравийных		грунтовых естественных		из укреплен-ных грунтов		из железобе-тонных плит		снежных уп-лотненных		снежных уп-лотненных	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
КрА3-214 + 2-ПП-18 + 2-Р-15	14,2	1,65	41,9	4,89	13,1	1,53	13,5	1,58	14,7	1,71	23,6	2,75
КрА3 (6 × 6) + 2-ПП-25 + 2-Р-15	14,1	1,43	41,6	4,22	13,0	1,32	13,4	1,36	14,6	1,48	23,4	2,38
КрА3-221В + 1-ПП-18 + 2-Р-15	15,4	1,51	45,7	4,48	14,3	1,40	14,7	1,44	16,0	1,57	25,7	2,52
КрА3-214 + 2-Р-12	18,1	1,67	53,7	4,96	16,8	1,55	17,3	1,60	18,8	1,74	30,2	2,79
КрА3 (6 × 6) + 2-Р-15	16,6	1,74	49,3	5,15	15,5	1,61	15,9	1,66	17,2	1,86	27,7	2,90
КрА3-221В + 2-Р-15	15,5	1,70	46,0	5,02	14,4	1,57	14,8	1,62	16,6	1,81	25,9	2,83
МАЗ-509 + 2-ПП-12,5 + 2-Р-15	13,8	1,43	40,9	4,22	12,8	1,32	13,2	1,36	14,3	1,47	23,0	2,37
МАЗ-501 + 2-ПП-12,5 + 2-Р-15	15,0	1,45	44,5	4,29	13,9	1,34	14,6	1,40	15,5	1,50	25,5	2,41
МАЗ-509 + 2-Р-15	16,6	1,58	49,2	4,67	15,4	1,46	15,9	1,50	17,8	1,68	27,7	2,63
МАЗ-501 + 2-Р-15	18,5	1,60	54,7	2,43	17,1	1,48	17,6	1,52	19,1	1,66	30,7	2,66
ЗИЛ (4 × 4) + 12-ПП-9 + 2-Р-10	18,3	2,09	54,0	6,20	16,9	1,94	17,4	2,00	18,9	2,17	30,0	3,49
ЗИЛ (4 × 4) + 2-Р-10	20,3	2,86	60,1	6,68	18,8	2,09	19,4	2,09	21,0	2,34	33,8	3,76
ЗИЛ-133В + 1-ПП-12 + 2-Р-10	14,7	1,63	43,5	4,83	13,6	1,51	14,0	1,56	15,2	1,69	24,5	2,71
ЗИЛ-133В + 2-Р-10	15,4	1,96	45,7	5,79	14,3	1,81	14,7	1,86	16,0	2,02	25,7	3,26
Урал-375 + 2-ПП-18 + 2-Р-8	18,2	2,01	54,0	5,95	16,9	1,86	17,4	1,92	18,9	2,08	30,4	3,35
Урал-375 + 2-Р-8	21,0	2,32	62,0	6,88	19,4	2,15	19,9	2,21	21,7	2,40	34,9	3,87

Примечание. Все вторые члены приведенных значений необходимо умножить на среднее расстояние вывозки  $l_{ср}$ .



где  $b_M$  — стоимость пробега лесовозных поездов по магистрали (зависит от качества дороги), отнесенная на  $1 \text{ м}^3 \cdot \text{км}$ , руб/ $\text{м}^3 \cdot \text{км}$  (табл. 2.4.);  $b_B$  — то же по веткам, руб/ $\text{м}^3 \cdot \text{км}$ ;  $M$  — ликвидный запас древесины, тяготеющей к магистрали, тыс.  $\text{м}^3$ ;  $L_{\pi}$  — длина ветки при угле примыкания  $90^\circ$ , км.

Исследуя уравнения себестоимости вывозки  $1 \text{ м}^3$  леса в зависимости от дорожно-транспортных расходов на экстремум, профессор Б. А. Ильин установил

$$\cos \alpha = \frac{(b_M Q_M + C_M) Q_B}{(b_B Q_B + C_B) Q_M},$$

где  $C_M$ ,  $C_B$  — величины, учитывающие путевые расходы, руб.;  $Q_B$ ,  $Q_M$  — объем вывозки древесины с веток и магистрали,  $\text{м}^3$ . При этом величина  $\cos \alpha$  будет колебаться от 0,5 до 0,83, а величина угла  $\alpha$  — от  $35$  до  $60^\circ$ .

## 2.5. Определение расстояний между ветками и усами

Густоту сети трелевочных волоков, усов и веток при наличии одной магистральной дороги определяют исходя из минимума себестоимости перевозок по ним с учетом транспортной и дорожной составляющих. Оптимальное расстояние между лесовозными ветками определяется из анализа суммы переменных затрат по лесозаготовкам, приходящимся на  $1 \text{ м}^3$  вывезенной древесины в зависимости от расстояния между ветками. Рассмотрим ряд наиболее распространенных формул и зависимостей для расчета расстояния между ветками:

по С. А. Сыромятникову

$$d_B = 6,3 \sqrt{\frac{C_B}{q b_Y}}; \quad (2.1)$$

по М. М. Корунову

$$d_B = 0,2 \sqrt{\frac{C_B}{q b_Y}}, \quad (2.2)$$

где  $d_B$  — расстояние между ветками, км;  $C_B$  — стоимость строительства  $1 \text{ км}$  ветки; в формулу (2.1) ставится в тыс. руб., в формулу (2.2) — в руб.;  $q$  — запас ликвидной древесины,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $b_Y$  — переменные затраты по перевозке леса по усам, руб/ $\text{м}^3 \cdot \text{км}$ .

Б. А. Ильин дополнил способ определения расстояния между ветками, включив расходы на содержание веток и усов:

$$d_B = \sqrt{\frac{\gamma C_B - C_Y}{q b_Y}},$$

где  $C_B$  — безвозвратные затраты на строительство и содержание в исправности  $1 \text{ км}$  ветки, руб.;  $C_Y$  — безвозвратные затраты на строительство и содержание в исправности  $1 \text{ км}$  уса, руб.;  $\gamma$  — коэффициент, учитывающий прокладку веток частично по территории с неэксплуатационными запасами:

$$\gamma = \frac{S_{об}}{S_{эксп}} \geq 1,$$

$S_{об}$  — общая площадь сырьевой базы, га;  $S_{эксп}$  — эксплуатационная площадь сырьевой базы, га.

Профессор М. М. Корунов, решая задачу определения расстояния между ветками с учетом расходов на лесовозобновление, получил следующую зависимость:

$$d_n = 0,1 \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{\alpha C_{тр}}},$$

где  $C_1$  — стоимость строительства 1 км уса, руб.;  $C_2$  — расходы на расчистку и лесовозобновление 1 км<sup>2</sup> вырубки, руб.;  $C_{тр}$  — себестоимость трелевки, руб/м<sup>3</sup>;  $\alpha$  — коэффициент, зависящий от расположения волоков; при диагональном  $\alpha=0,50$ ; при веерном  $\alpha=40$ ; при подвозке древесины непосредственно к дороге без устройства верхних складов  $\alpha=0,25$ .

Для определения оптимальных расстояний между ветками и усами, а также общей протяженности дорожной сети имеется большое количество аналитических и графических зависимостей.

## 2.6. Оптимизация транспортных сетей лесозаготовительных предприятий

В настоящее время типична сеть путей, состоящая из пасечных и магистральных трелевочных волоков (первичный транспорт), усов, веток и магистральных лесовозных дорог, так называемая *пятиэлементная система лесотранспорта*. Основным недостатком существующей схемы транспортного освоения лесных массивов является излишняя протяженность веток и частично усов.

Профессор Б. А. Ильин утверждает, что в большинстве лесных районов страны должна найти широкое распространение система путей лесотранспорта с исключением усов и с подвозкой леса колесными тракторами по магистральным волокам непосредственно к веткам и магистральным путям лесовозных дорог. Сравнительный технико-экономический расчет показал, что сопоставимые расходы на первичный транспорт леса (до ветки) при включении в состав сети путей усов определились в 1,2...1,4 руб/м<sup>3</sup>, а при исключении — 0,8...1,0 руб/м<sup>3</sup>, или на 40...50% меньше. Кроме того, при среднем расстоянии вывозки в 30 км только за счет увеличения скоростей при работе автопоездов на постоянных путях их производительность возрастает на 20%.

В. А. Горбачевский предлагает заменить одноступенчатую схему транспортного освоения лесных массивов на двухступенчатую, включающую лесовозный поезд высокой проходимости для подвозки леса к магистральным путям и автопоезд для вывозки леса по магистралям. Это позволит повысить эффективность магистрального лесотранспорта (II ступени) путем применения транспортных средств большей грузоподъемности и мощности и концент-

ризовать запасы древесины и ее первичную обработку в пунктах перевалки с поездов I на поезда II ступени.

Исследования Б. А. Дорохова подтвердили преимущества схем транспортного освоения при организации двухступенчатой вывозки. Им рассматривались показатели схем транспортного освоения при трехступенчатой вывозке (магистраль, ветка, усы) и двухступенчатой (магистраль, усы). Было рассмотрено пять вариантов схем транспортного освоения лесосек в зависимости от количества построенных магистралей. Автор пришел к выводу, что оптимальная схема транспортного освоения лесосырьевой базы должна предусматривать строительство нескольких магистральных направлений (летних и зимних) с отказом от строительства веток.

А. Дорофеев предлагает размещение транспортных путей в лесном массиве, приближающихся в конечном счете к схеме магистрала — волоки. Применение этой схемы позволит одновременно с переходом на постоянные дороги и устранением излишней протяженности путей создать единую транспортную сеть. Исследовав модели различных схем размещения путей, автор получил формулы оптимальных расстояний между путями различных категорий в зависимости от стоимости перевозки древесины по двум смежным категориям путей.

Вопросам оптимального размещения транспортных путей лесовозных дорог посвящены исследования, проводимые на кафедре сухопутного транспорта леса БТИ имени С. М. Кирова. В основу технико-экономического сравнения вариантов дорожной сети положены требования снижения капитальных вложений и наибольшей производительности автомобильного транспорта. Дорожно-транспортные расходы определялись по формуле

$$\mathcal{E} = Q_{\text{год}}LS,$$

где  $Q_{\text{год}}$  — годовой объем перевозок, тыс. м<sup>3</sup>;  $L$  — среднее расстояние вывозки, км;  $S$  — себестоимость вывозки леса, руб/м<sup>3</sup> · км.

Сумма дорожно-транспортных затрат — это эксплуатационные затраты на освоение базы, состоящие из двух составляющих — дорожной и транспортной.

Дорожная составляющая определялась из суммарных затрат на содержание и все виды ремонтов дороги, отнесенные к годовому объему вывозки древесины:

$$S_d = \frac{K' \alpha + D_{\text{с.т}}}{Q_{\text{год}}L},$$

где  $K'$  — затраты на строительство дороги, руб.;  $\alpha$  — ежегодные проценты амортизации на средний и капитальный ремонт;  $D_{\text{с.т}}$  — ежегодные расходы на текущий ремонт и содержание дороги, руб.

Транспортная составляющая себестоимости включает расходы, связанные с эксплуатацией и содержанием автопоездов на вывозке леса, и определяется по формуле

$$S_r = \frac{M}{\Pi_{\text{см}}},$$

где  $M$  — стоимость машино-смены, руб.;  $\Pi_{см}$  — сменная производительность автопоезда, м<sup>3</sup>.

Значительное влияние на показатель дорожной составляющей себестоимости оказывает соотношение протяженности постоянных и временных дорог, удельный вес веток и усов в транспортной сети предприятия. В свою очередь на величину транспортной составляющей себестоимости вывозки оказывают влияние эксплуатационные показатели качества строительства и содержания магистрали, веток и усов.

Для определения оптимального соотношения транспортных путей различных типов используется математическая модель и программа для расчета на ЭВМ «Минск-22» (рис. 2.10). Входными параметрами этой модели являются скорости движения автопоезда, рейсовая нагрузка, объем вывозки древесины, стоимость строительства 1 км магистрали, веток и усов, затраты на содержание и ремонт транспортных путей.

Выходными — дорожная и транспортная составляющие себестоимости на вывозке леса при соответствующих по протяженности усов, веток и магистрали. В задаче в качестве критерия приняты затраты на содержание лесотранспорта, распределенные по категориям

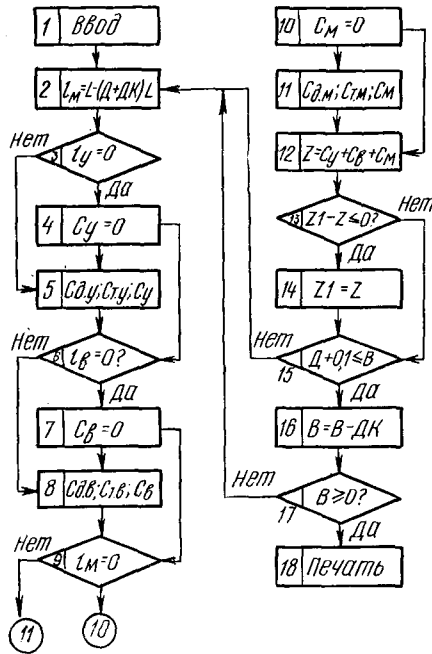


Рис. 2.10. Укрупненная блок-схема для расчета оптимального соотношения по протяженности транспортных путей

дорог в зависимости от времени пребывания автопоезда и объема вывезенной древесины при минимальной себестоимости. Внутренние параметры модели составляют тяговые и скоростные характеристики автопоезда, расходы на восстановление износа автомобиля и содержание автохозяйства. Содержанием модели являются теоретические зависимости всех вышеперечисленных внешних и внутренних параметров.

Приведенные алгоритм и программа являются общими зависимостями и позволяют решать частные задачи в определении оптимальных параметров сети путем минимизации уравнения суммы транспортных и дорожных расходов применительно к конкретным лесозаготовительным условиям.

## 2.7. Применение экономико-математических методов при проектировании сети лесовозных дорог

Применение ЭВМ для проектирования схем транспортного освоения позволит осуществить многовариантное проектирование и повысить обоснованность проектных решений. Для решения многовариантных задач применяется разнообразный математический аппарат — линейное и динамическое программирование, теория стратегических игр, комбинаторные методы, теория массового обслуживания, методы последовательного анализа вариантов и др.

Задача Штейнера заключается в том, чтобы определить точку, для которой сумма взвешенных расстояний для заданных пунктов была бы минимальна. Для нахождения кратчайшей сети используется алгоритм, разработанный Р. К. Примом. С помощью этого алгоритма множество полюсов соединяются сетью звеньев, имеющих наименьшую суммарную длину. Алгоритм Прима лежит также в основе метода для нахождения кратчайшей связывающей сети общих дорог, разработанного проф. Я. В. Хомяком и Л. Ф. Шеремет.

Задано множество корреспондирующих точек, для каждой пары которых известны дорожные  $D_{ij}$ , транспортные  $T_{ij}$  расходы и величины грузонапряженности  $Q_{ij}$ .

Вес транспортной связи характеризуется себестоимостью перевозок между  $i$  и  $j$ :

$$\frac{D_{ij}}{Q_{ij}} + T_{ij}.$$

Произведение расстояния  $l_{ij}$  между  $i$  и  $j$  на вес транспортной связи представляет приведенную длину звена

$$L_{ij} = l_{ij} \left( \frac{D_{ij}}{Q_{ij}} + T_{ij} \right).$$

Требуется все корреспондирующие точки так соединить между собой, чтобы сумма приведенных длин была минимальной.

Применительно к транспортным сетям лесовозных дорог линейная модель предложена Г. А. Борисовым. Методы линейного программирования применяются, когда целевая функция и ограничения вариантов выражаются в виде линейных зависимостей. К такой схеме приводится, например, решение задач об оптимальном планировании перевозок, и эти задачи называются *транспортными*.

На основе линейной модели разработана система механизированного проектирования транспортных сетей лесозаготовительных предприятий (рис. 2.11). Предложенный КарНИИЛП (Г. А. Борисов, Б. С. Герасимов и др.) способ размещения сети лесовозных дорог заключается в определении оптимальных параметров сети путем минимизации уравнения суммы транспортных и дорожных расходов, что отражает следующая математическая модель транспортной сети:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij},$$

при ограничении, если

$$X_{ij} \leq Q_y, \text{ то } C_{ij_y} = \left( \frac{K_y}{X_{ij}} + T_y \right) l_{ij};$$

$$Q_y < X_{ij} \leq Q_b, \text{ то } C_{ij_b} = \left( \frac{K_b}{X_{ij}} + T_b \right) l_{ij};$$

$$X_{ij} > Q_b, \text{ то } C_{ij_m} = \left( \frac{K_m}{X_{ij}} + T_m \right) l_{ij},$$

где  $Z$  — суммарные дорожно-транспортные затраты, тыс. руб.;  $C_{ij}$  — удельные дорожно-транспортные затраты, руб/м<sup>3</sup>;  $X_{ij}$  — объем перевозок из точки  $i$  в точку  $j$ , тыс. м<sup>3</sup>;  $C_{ij_y}$ ,  $C_{ij_b}$ ,  $C_{ij_m}$  — удельные дорожно-транспортные затраты соответственно для усов, веток и магистралей, руб/м<sup>3</sup>;  $K_y$ ,  $K_b$ ,  $K_m$  — стоимость 1 км уса, ветки, магистрали;  $T_y$ ,  $T_b$ ,  $T_m$  — затраты на м<sup>3</sup> · км вывозки по усу, ветке и магистрали, руб.;  $l_{ij}$  — расстояния между корреспондирующими точками  $i$  и  $j$ , км;  $Q_y$ ,  $Q_b$ ,  $Q_m$  — максимальный объем вывозки по усу, ветке и магистрали, руб.

Многие авторы пришли к выводу, что наиболее целесообразным способом решения многовариантных задач является сравнение различных вариантов по определенной программе, построенной таким образом, чтобы можно было наиболее коротким путем выбрать лучший вариант из всех возможных.

Решение задачи предлагается с помощью методов дискретного программирования комбинаторного анализа. Особенностью комбинаторных задач является способность параметров оптимизации принимать многие дискретные значения, относительно которых производятся операции упорядочения и выбора. Комбинаторные методы позволяют использовать в качестве целевой функции не удельные затраты, а суммарные, что дает возможность учесть нелинейный характер изменения суммарных затрат. С помощью таких методов находится оптимальное решение посредством меньшего количества испытаний по сравнению с другими методами математического программирования. Известен ряд приемов, ускоряющих поиск оптимального решения:

а) метод последовательных расчетов предусматривает сравнение и выбор вариантов после полного решения отдельных комбинаций по всему объему работ;

б) метод направленного отбора вариантов рекомендуется применять для поиска оптимального решения при размещении однородных устройств;

в) в основе метода последовательного анализа вариантов лежит принцип представления процесса решения в виде многоступенчатой структуры. Каждая ступень связана с проверкой наличия тех или иных свойств у множества вариантов (или у отдельных) и ведет либо к непосредственному сокращению исходного

числа вариантов, либо подготавливает возможность такого отсева. При решении вариационных задач применение метода последовательного анализа вариантов часто основывается на принципе оптимальности, предложенном Р. Беллмановым в качестве основы для решения задач динамического программирования;

г) метод ветвей и границ — метод дискретного программирования, в основе которого лежат построения, позволяющие существенно уменьшить объем перебора. Реализация метода связана с постепенным разбиением множества вариантов (планов)  $G$  на дерево подмножеств (ветвлении). Ветвление происходит по многошаговой схеме. Для осуществления метода ветвей и границ применительно к отдельным задачам необходимо установить правила ветвления, вычисления оценки (границ) и нахождения вариантов (планов).

Комбинаторный анализ лежит в основе задач по транспортному освоению лесных массивов, разработанных В. Я. Ларионовым и Б. И. Кувалдиным. Авторы пользуются частным методом комбинаторного анализа — методом последовательных оценок, предложенным Н. С. Усковым. Исходная информация представляет собой матрицу, строки которой означают заданные корреспонденции, а столбцы — намечаемые варианты транспорта. Алгоритм построен по такой схеме, которая позволяет на каждом шаге вычислений находить минимальные оценки и включать их в дальнейший расчет, т. е. на каждом шаге вычислений исключаются те варианты, для которых

$$\lambda_{ij} > \min \lambda_{ij};$$

$$\lambda_{ij} \in T > \lambda_{ij} \in T_{\min},$$

причем множество  $T_{\min} \subset T$ ,

где  $\lambda_{ij}$  — искомые оценки матрицы;  $T$  — критерий количественного показателя.

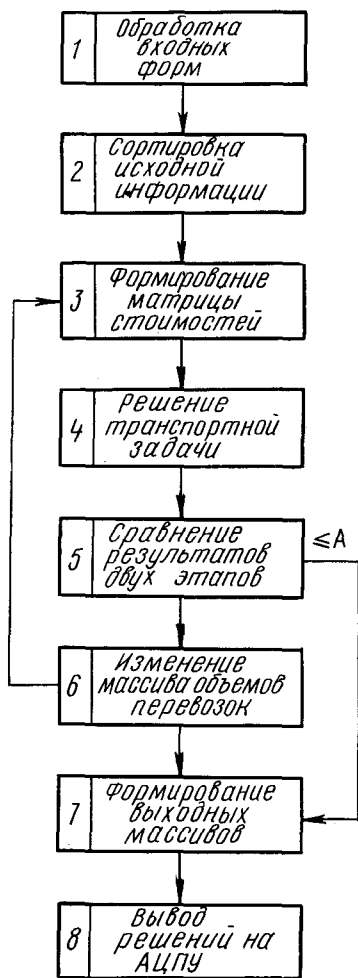


Рис. 2.11. Блок-схема системы механизированного проектирования транспортных сетей лесозаготовительных предприятий.

Решение заключается в направленном отборе сформированных вариантов, т. е. в нахождении комбинации клеток матрицы, дающей минимум суммы приведенных затрат при сложении их по логическому правилу, по которому повторный учет одних и тех же элементов расходов в сумме исключен.

Как видим, почти во всех работах за критерий оптимальности в экономико-математических моделях принимается минимум суммы дорожно-транспортных затрат на освоение лесосырьевой базы.

За последние годы методы комбинаторного анализа, или методы упорядоченного сравнения вариантов, стали широко применяться для решения многих инженерных задач. Разработка общей теории комбинаторного анализа еще не завершена.



## **Глава 3. ЛЕСОВОЗНЫЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ**

---

### **3.1. Классификация лесовозных автомобильных дорог**

Лесовозные автомобильные дороги являются одним из видов промышленных дорог. В соответствии со СНиП II.-Д.6—72 они подразделяются на категории:

- а) магистрали лесовозных дорог I категории — годовой объем перевозок более 500 тыс. м<sup>3</sup>;
- б) магистрали лесовозных дорог II категории — годовой объем перевозок от 151 тыс. до 500 тыс. м<sup>3</sup>;
- в) магистрали лесовозных дорог III категории — годовой объем перевозок до 150 тыс. м<sup>3</sup>;
- г) лесовозные и лесохозяйственные ветки;
- д) лесовозные усы;
- е) дороги, не имеющие выраженного грузооборота (дороги для вывозки лесохимического сырья, пожарные дороги в лесном массиве).

Лесохозяйственные и хозяйственные дороги (магистрали) проектируются по нормам III категории лесовозных дорог.

Ветки со сроком действия по вывозке леса более пяти лет с грузооборотом более 100 тыс. м<sup>3</sup> в год — по нормам для магистралей III категории. Дороги нижнего склада до места разветвления их к отдельным производственным участкам склада проектируются по нормам для магистралей соответствующих категорий, а после разветвления — по нормам для магистралей III категории. Дороги верхних погрузочных пунктов — по нормам для усов.

По типам дорожных одежд лесовозные автомобильные дороги подразделяются на грунтовые, гравийные, щебеночные, лежневые, снежные и др. По числу полос движения они бывают с одной полосой движения, двумя, многополосные и колеиные.

### **3.2. Элементы дорожных конструкций**

Лесовозная автомобильная дорога представляет комплекс инженерных сооружений, обеспечивающих безопасное движение автопоездов с расчетной скоростью. В этот комплекс входят земляное полотно, дорожная одежда, мосты, трубы и т. д. (рис. 3.1). Для размещения комплекса от землепользователей отчуждается полоса отвода. Ширина этой полосы в соответствии с «Техническими указаниями по проектированию лесозаготовительных предприятий» (ТУ—64) должна быть не менее суммарной ширины просеки и по-

лосы насаждений для защиты полотна дороги от снежных заносов. Ширина просеки обычно принимается равной: для дорог круглогодочного действия — магистрали 30 м, ветки 12, пожарные проезды 8 м; для зимних дорог при устройстве грузового и порожнякового направлений в одной просеке — 14 м, а при раздельном — 8 (грузовое направление), 6 м (порожняковое).

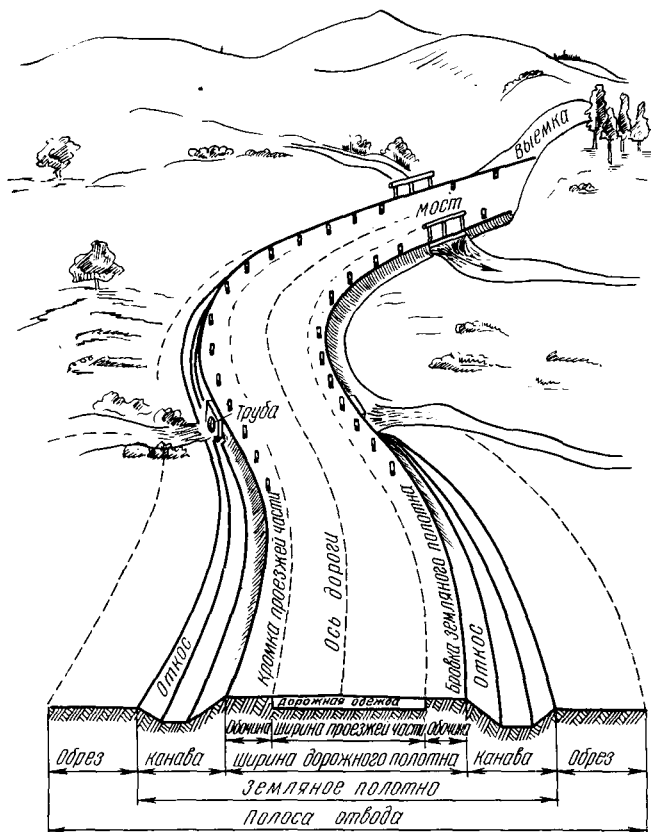


Рис. 3.1. Элементы дорожной конструкции

Ширина защитной полосы лесонасаждений принимается не менее 60 м с каждой стороны дороги. В открытых местах ширина полосы отвода устанавливается с учетом установки снеговых щитов. Снеговые щиты могут быть по согласованию с владельцами земель установлены на принадлежащих им земельных участках. Полоса отвода земель для строительства дорог вне земель гослесфонда проектируется в соответствии с действующей «Инструкцией о порядке отвода и использования земель полосы отвода для автомобильных дорог».

### 3.3. План дороги

**Общие сведения.** Под *планом дороги* подразумевается ее проекция на горизонтальную плоскость. В связи с относительно небольшими поперечными размерами дороги по отношению к длине на плане показывают только ее ось и называют *трассой дороги*. План дороги оформляется в соответствии с эталоном, фрагмент которого представлен на рис. 3.2.

Процесс размещения и закрепления дороги (трассы) на местности называется *трассированием*. Лесовозную автомобильную дорогу прокладывают по кратчайшему расстоянию. Но при трассировании встречаются различные препятствия: озера, реки, болота, овраги, ущелья, крупные оползни, горные хребты, ценные сельскохозяйственные угодья, заповедники, населенные пункты и др. Преодоление этих препятствий по прямой требует больших материальных затрат, поэтому меняют направление трассы. В местах изменения направления образуются углы поворота. В результате дорога в плане представляет ломаную линию, сопрягаемую плавными кривыми, обеспечивающими возможность вписывания автомобилей и автомобильных поездов.

Важнейшим вопросом при проектировании плана дороги является правильное назначение радиуса кривых, который в нормальных (нестесненных) условиях принимается, согласно ТУ—64, не менее: на магистральных дорог I, II и III категорий — 400 м; на ветках, усах и дорогах, не имеющих выраженного грузопотока, — 150 м. В стесненных условиях разрешается при соответствующих обоснованиях применять меньшие радиусы, но не менее указанных в табл. 3.1.

Табл. 3.1. Наименьшие радиусы круговых кривых в плане, м

Виды дорог	Вывозка в хлыстах при рельефе		Вывозка в сортиментах при рельефе	
	равнинном и холмистом	горном	равнинном и холмистом	горном
Магистраль:				
I категории	125	60	125	60
II категории	60	50	60	30
III категории	50	40	30	20
Ветки	40	30	20	15
Усы и поворотные петли на нижних складах	30	30	20	15

Элементы круговых кривых при известных значениях  $R$  и  $\alpha$  (рис. 3.3) определяются по формулам:

$$\text{длина кривой } K = R\alpha \text{ м;}$$

$$\text{длина тангенса } T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{ м;}$$

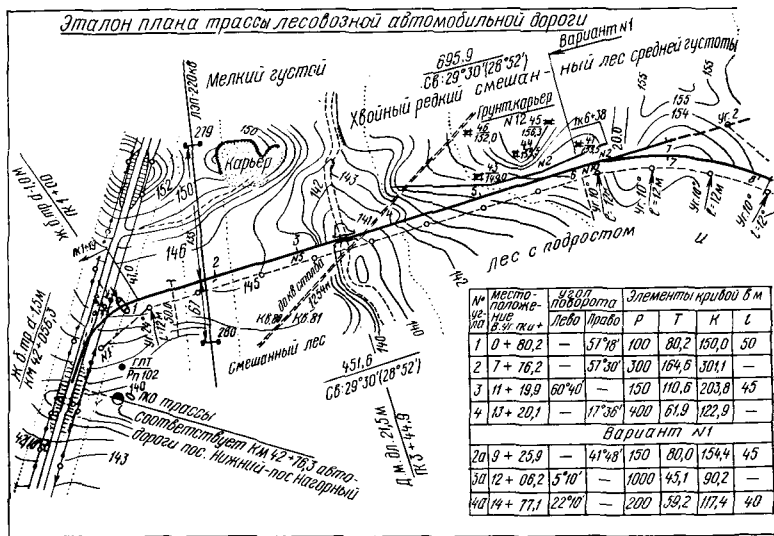


Рис. 3.2. Развернутый

$$\text{длина биссектрисы } B = R \left( \sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \text{ м;}$$

$$\text{длина домера } D = 2T - K \text{ м.}$$

ешая вопрос выбора местоположения вершины угла поворота, оидимо учитывать смежные кривые. Минимальное расстояние у вершинами двух смежных углов поворота (рис. 3.4) должно ьтворять условиям:

при односторонних и обратных кривых, не имеющих виража также при односторонних кривых, имеющих виражи с оди- зными уклонами,

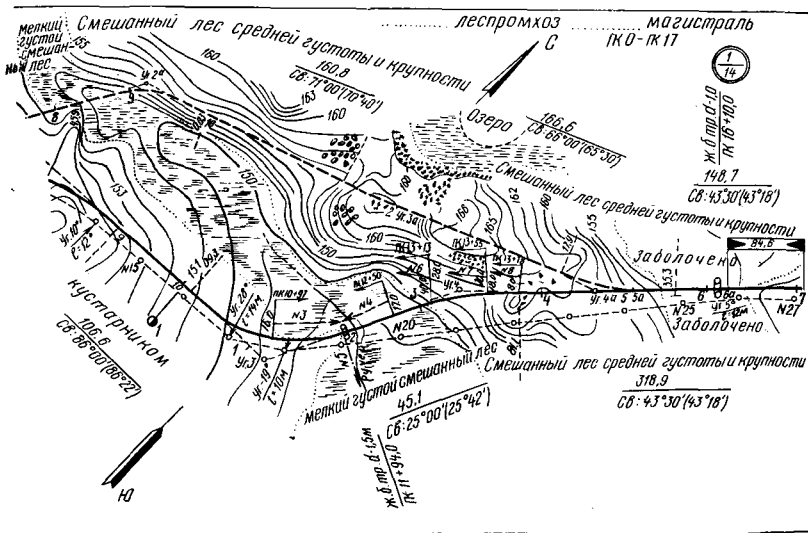
$$L \geq T_1 + T_2,$$

где  $T_1, T_2$  — тангенсы кривых, м;  
б) при односторонних кривых, имеющих различные уклоны виража,

$$L \geq T_1 + T_2 + \frac{b(i'_B - i''_B)}{i_{\text{от.в}}},$$

где  $b$  — ширина проезжей части, м;  
 $i'_B, i''_B$  — уклоны виражей, ‰;  $i_{\text{от.в}}$  — уклон отгона виража:  $i_{\text{от.в}} = 10 \dots 20\%$ ;

Рис. 3.3. Элементы и главные точки круговой кривой



план дороги

в) при обратных кривых, имеющих различные уклоны виража,

$$L \geq T_1 + T_2 + \frac{b(i'_B + i''_B)}{i_{от.в}}$$

Для характеристики эксплуатационно-строительного качества плана дороги определяют следующие технические показатели:  $L$  — полную строительную длину дороги, км;  $1 + m = L/L_B$  — коэффициент удлинения дороги, где  $L_B$  — длина дороги по воздушному направлению (прямому), км;  $R_{min}$  — минимальный радиус круговой кривой, м;  $R_{ср} = 57,3 \frac{\sum K}{\sum \alpha}$  — средний радиус;  $\sum K$  — сумму длин всех кривых, м;  $\sum \alpha$  — сумму градусов всех углов поворота;  $Z =$

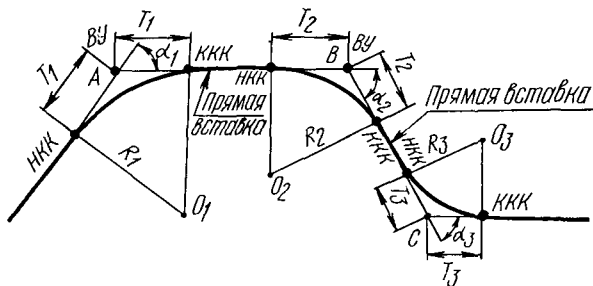


Рис. 3.4. План участка трассы

$= \frac{R_{\text{ср}}}{R_{\text{min}}}$  — отношение среднего радиуса к минимальному;  $\beta = \frac{\Sigma K}{L}$  — коэффициент, характеризующий кривизну дороги, количество углов поворота на 1 км;  $\frac{\Sigma \alpha}{L}$  — количество градусов углов поворота на

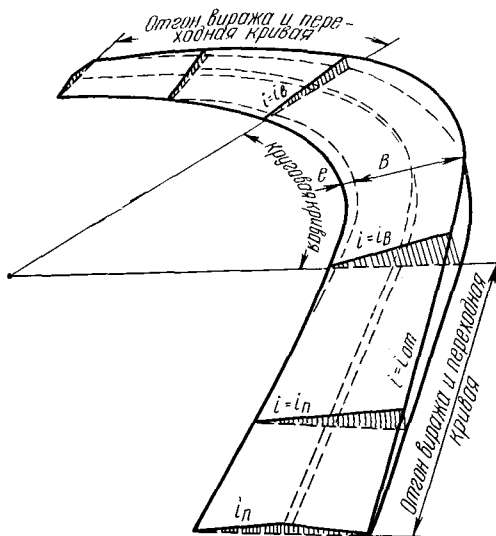


Рис. 3.5. Схема виража

радиусы горизонтальных кривых, м	до 125	150	200	250...400	более 400
величина уклона на вираже, ‰	60	50	40	20...30	без виража

В районах с продолжительными туманами и гололедицей уклон виража должен быть не более 40‰, а в горной местности, когда центр кривой расположен в сторону обрыва, поперечный профиль допускается проектировать с уклоном 10‰ в сторону горы с соответствующим ограничением скорости движения.

Поперечный уклон виража определяется по формуле

$$i_{\text{в}} = \frac{v^2}{gR} - \mu,$$

где  $v$  — скорость движения, м/с;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $R$  — радиус круговой кривой, м;  $\mu$  — коэффициент поперечной силы на лесовозных дорогах:  $\mu = 0,15...0,20$ .

Длина отгона виража при устройстве переходной кривой приравнивается ее длине. При отсутствии переходной кривой длину отгона виража определяют по формуле

$$L = \frac{b i_{\text{в}}}{i_{\text{от}}} \text{ м,}$$

где  $b$  — ширина проезжей части, м;  $i_{\text{в}}$  — уклон виража, ‰;  $i_{\text{от}}$  — уклон отгона виража:  $i_{\text{от}} = 10...20\text{‰}$ .

1 км дороги;  $L_{\text{min}}$  — минимальную прямую вставку между обратными кривыми.

Окончательная оценка плана дороги производится с учетом продольного профиля.

**Вираж.** Виражом называется участок пути на кривой, имеющий односкатный поперечный профиль с уклоном внутрь кривой (рис. 3.5). На лесовозных автомобильных дорогах виражи устраивают на магистральных путях и ветках при радиусе кривой менее 400 м с поперечным уклоном не более 60‰ и не менее уклона проезжей части дороги на прямом участке пути:

Уклон отгона на всем протяжении виража делают одинаковым с уклоном проезжей части. Это облегчает разбивку уширения проезжей части на кривой. Изменение поперечного уклона обочины производится до начала отгона виража на участке длиной 5 м.

**Уширение проезжей части и земляного полотна.** Автопоезд на кривой занимает большую ширину, чем на прямом участке дороги, поэтому необходимо уширять проезжую часть, а в некоторых случаях и земляное полотно. Величину уширения проезжей части рассчитывают из условия обеспечения той же величины зазора между автомобилями на кривых, что и при движении их на прямых участках дороги. Причем величина уширения при левых и правых поворотах на двухполосных дорогах будет разной. При одном и том же радиусе кривой на левых меньше, а на правых — больше, так как при правом повороте в грузовом направлении встречному движению будут мешать свисающие сзади распуска концы хлыстов. На двухполосной дороге в грузовом направлении уширение на левых поворотах устраивается при  $R < 400$  м, на правых — при  $R < 800$  м и на однополосных дорогах на обоих поворотах при  $R < 300$  м. Значение величин уширения приведено в табл. 3.2...3.3. В других случаях уширение определяется по формулам: для двухполосной дороги при левом повороте

$$e = \frac{L^2}{R} + \frac{0,36v}{\sqrt{R}} + \frac{l^2}{2(4R + B_0)} \text{ м};$$

Табл. 3.2. Уширение двухполосных лесовозных дорог в грузовом направлении, м

Радиусы кривых, м	Вывозка в сортаментах	Вывозка в хлыстах или стволах с кронами длиной (м) до		
		20	25	30
100	0,8	0,9	1,0	1,2
		1,5	2,2	2,9
200	0,5	0,5	0,6	0,7
		0,8	1,1	1,4
300	0,4	0,4	0,4	0,5
		0,6	0,8	1,0
400	—	—	—	0,4
		0,4	0,6	0,8
500	—	—	—	—
		—	0,5	0,6
700	—	—	—	—
		—	0,4	0,5
800	—	—	—	—
		—	—	0,4

Примечание. В числителе — для левого поворота, в знаменателе — для правого.

Табл. 3.3. Уширение однополосных лесовозных дорог в грузовом направлении, м

Радиусы кривых, м	Вывозка в сорта-ментах	Вывозка в хлыстах или стволах с кронами длиной до, м		
		20	25	30
50	0,7	0,8	1,2	1,5
100	0,4	0,5	0,6	0,8
200	—	0,3	0,3	0,4
300	—	—	—	0,3

для двухполосной дороги при правом повороте

$$e = \frac{L^2}{R} + \frac{0,36v}{\sqrt{R}} - R + \sqrt{\left( \sqrt{\left( R - \frac{L^2}{2R} - \frac{0,18v}{\sqrt{R}} - \frac{B_0}{4} \right)^2 - \frac{l^2}{4}} + \frac{B_0}{4} \right)^2 + \left( K + \frac{l}{2} \right)^2};$$

для однополосной дороги

$$e = \sqrt{\left( R + \frac{\Gamma}{2} \right)^2 + L^2} - \left( R + \frac{\Gamma}{2} \right) + \frac{0,36v}{\sqrt{R}} \text{ м,}$$

где  $L$  — расстояние между передним буфером и задней осью автомобиля (величину  $L$  можно принять равной приблизительно базе автомобиля плюс 0,8...1,0 м);  $R$  — радиус круговой кривой, м;  $v$  — скорость движения автопоезда, м/с;  $B_0$  — ширина проезжей части на прямой, м;  $\Gamma$  — габарит подвижного состава по ширине, м;  $l$  — расстояние между кониками автомобиля и полуприцепа-роспуска, м;

$$l = \frac{Q_{\text{пол}}(rL_{\text{хл}} - d)}{q_{\text{п.р}}} \text{ м,}$$

$Q_{\text{пол}}$  — полезная нагрузка на автопоезд, т;  $r$  — коэффициент, равный 0,33 для хлыстов и 0,37 — для деревьев с кронами;  $L_{\text{хл}}$  — расчетная длина пакета хлыстов, м;  $d$  — расстояние от коника автомобиля (полуприцепа с седельной сцепкой) до концевой комлевой части хлыстов (1,0...2,5), м;  $q_{\text{п.р}}$  — полезная нагрузка на роспуск, т.

Уширение проезжей части делается за счет внутренней обочины. Если ее ширина недостаточная, то одновременно с уширением проезжей части уширяют земляное полотно. Ширина обочины на кривой и на прямом участке должна быть одинакова.

Отвод уширения производится на участке, примыкающем к круговой кривой (рис. 3.6). Длина его принимается равной длине переходной кривой или отгона виража, но не менее длины расчетного автомобиля. На лесовозных дорогах с колейным покрытием уширение земляного полотна в кривых принимается, как и для обычных дорог с бесколейным покрытием, а уширение колесопроводов следующее:



радиусы кривых, м  
уширение колесопроводов, м

50 60 80 100 150 200  
0,6 0,5 0,4 0,4 0,3 0,2

На дорогах с колеиным железобетонным покрытием уширение колесопроводов выполняется за счет устройства на уширенной части гравийного или грунтощебеночного покрытия, а также путем укладки монолитных уширений из армированного или неармированного бетона.

**Переходные кривые.** Лесовозные автомобильные дороги при  $R \leq 250$  м на магистралях и  $R \leq 100$  м на ветках и дорогах, не имеющих выраженного грузопотока, сопрягаются с прямыми участками дороги посредством переходных кривых, длина которых устанавливается в зависимости от величины радиуса круговой кривой (табл. 3.4).

Наиболее распространены переходные кривые в виде клотоиды (радиоидальной спирали), лемнискаты Бернулли, кубической параболы и другие (рис. 3.7).

Разбивку клотоиды можно произвести методом прямоугольных координат.

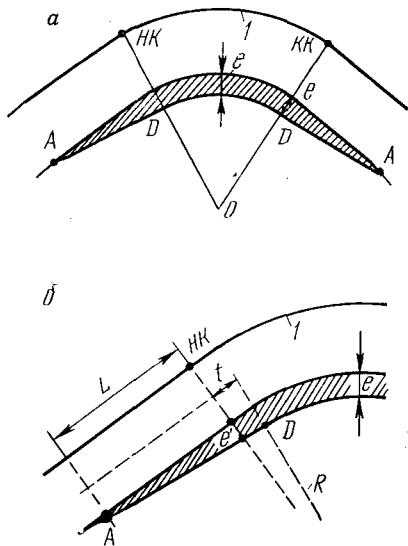


Рис. 3.6. Устройство уширений на кривых:

*a* — уширение при отсутствии переходной кривой; *b* — уширение при наличии переходной кривой; *Г* — основная кривая; *AD* — отвод уширения; *L* — отгон виража

$$\left. \begin{aligned} x &= S - \frac{S^3}{40C^2} + \frac{S^5}{3456C^4} + \dots; \\ y &= \frac{S^3}{6C} - \frac{S^7}{336C^3} + \frac{S^{11}}{42240C^5} + \dots, \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

где  $S$  — текущая длина переходной кривой, м;  $C$  — параметр переходной кривой:  $C = RL$  м<sup>2</sup>;  $L$  — полная длина переходной кривой, м.

В практических расчетах достаточно первых двух членов уравнения (3.1). Подставляя в них переменные значения длины  $S$  пере-

Табл. 3.4. Длина переходных кривых

Виды дорог	Длина переходных кривых при радиусах круговой кривой, м										
	15	20	30	50	60	80	100	125	150	200	250
Магистрали	20	25	30	35	40	45	50	55	45	40	30
Ветки и дороги, не имеющие выраженного грузосборота	10	15	20	25	25	30	30	—	—	—	—

ходной кривой, например 5,10 м и т. д., можно определить абсциссы и ординаты ее точек. При определении конечных координат  $x_0$  и  $y_0$  (рис. 3.8) в формулы (3.1) подставляется полная длина  $L$  переходной кривой. Для разбивки ее на практике пользуются специальными таблицами. При устройстве переходных кривых длина круговой кривой сокращается, так как ее центральный угол  $\alpha$  будет меньше на величину  $2\varphi$  (рис. 3.8). Поэтому для разбивки их необ-

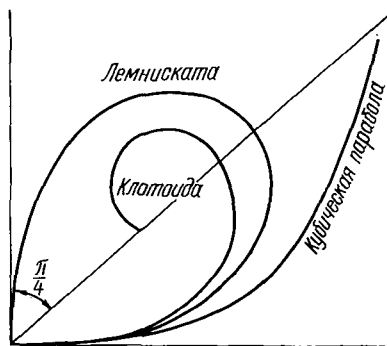


Рис. 3.7. Основные виды переходных кривых

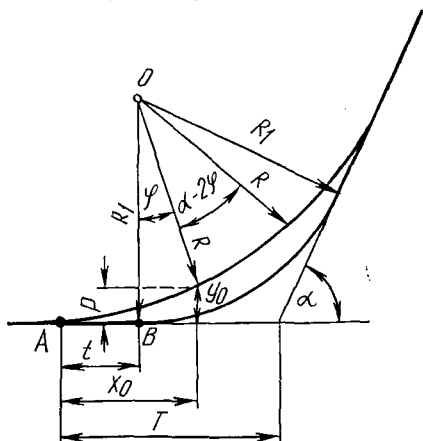


Рис. 3.8. Разбивка переходной кривой по клотоиде

ходимо соблюдать условие, при котором  $\alpha \geq 2\varphi$ . Если  $\alpha = 2\varphi$ , то закругление состоит из двух переходных кривых, соединяющихся в середине, а круговая кривая отсутствует. Угол  $\varphi$  можно определить из следующего выражения:

$$\varphi = \frac{L}{2R} \text{ рад.}$$

Если это условие не выполняется, необходимо или увеличить радиус кривой или уменьшить длину переходной кривой. В табл. 3.5 приведены данные для разбивки переходных кривых по клотоиде.

**Видимость дороги в плане.** Видимость дороги в плане — минимальное расстояние в метрах, которое необходимо для полной остановки автомобиля при появлении препятствия на проезжей части или для безопасности объезда его. В связи с этим план, продольный и поперечный профили автомобильных лесовозных дорог должны быть запроектированы с учетом обеспечения расстояния видимости, которое зависит от состояния дороги, реакции водителя, скорости движения и тормозного пути автомобиля. Оно складывается из расстояния, проходимого автомобилем за время реакции водителя  $S_1$ , тормозного пути  $S_T$  и запасного расстояния  $S_a$ .

Расстояние видимости для автомобиля, встречающего препятствие на полосе движения (рис. 3.9, а), определяется по формуле

Табл. 3.5. Данные для разбивки переходных кривых по клото иде

R=30, L=30		R=50, L=35		R=60, L=40		R=80, L=45		R=100, L=50	
x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4,00	0,01	5,00	0,01	5,00	0,01	5,00	0,01	5,00	0,00
8,00	0,10	10,00	0,10	10,00	0,01	10,00	0,04	10,00	0,03
10,00	0,19								
15,97	0,76	14,99	0,32	15,00	0,23	15,00	0,16	15,00	0,11
19,90	1,48	19,97	0,76	16,99	0,56	14,99	0,37	20,00	0,27
23,75	2,54	24,92	1,48	24,96	1,08	24,98	0,72	24,99	0,52
27,47	4,00	29,80	2,56	29,90	1,87	29,95	1,25	29,98	0,90
29,25	4,91	34,57	4,05	34,77	2,96	34,90	1,98	34,95	1,43
				39,55	4,41	39,80	2,96	39,90	2,14
						44,65	4,20	44,72	3,04
								49,69	4,17
$\varphi = 28^\circ 39'$		$\varphi = 20^\circ 03'$		$\varphi = 19^\circ 05' 55''$		$\varphi = 16^\circ 06' 52''$		$\varphi = 14^\circ 19' 26''$	
$p = 1,24$ м		$p = 1,02$ м		$p = 1,11$ м		$p = 1,07$ м		$p = 1,08$ м	
$t = 14,86$ м		$t = 17,43$ м		$t = 19,93$ м		$t = 22,45$ м		$t = 24,95$ м	
$\alpha_{\min} = 57,3^\circ$		$\alpha_{\min} = 40,1^\circ$		$\alpha_{\min} = 38,2^\circ$		$\alpha_{\min} = 32,2^\circ$		$\alpha_{\min} = 28,7^\circ$	

Примечание.  $p$  — сдвигка круговой кривой в нее внутреннюю сторону, м (рис. 3.8);  $t$  — расстояние от начала круговой кривой до начала переходной кривой, т. е. положение начала переходной кривой, м. Разбивка круговых и переходной кривых возможна не только методом абсцисс и ординат, но и другими способами.

$$S_B = vt + \frac{k_3 v^2}{2g \left( \frac{Q_T}{Q_{\text{пол}}} \varphi + f_0 \pm i \right)} + S_3,$$

где  $v$  — скорость движения автомобиля, м/с;  $t$  — время реакции водителя:  $t = 1...2$  с;  $k_3$  — эксплуатационный коэффициент, при гидравлическом и пневматическом приводе — 1,4; при механическом — 1,7;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $Q_T$  — вес, приходящийся на тормозные колеса автопоезда, Н;  $Q_{\text{пол}}$  — полный вес автопоезда, Н;  $\varphi$  — коэффициент сцепления колес автомобиля с дорогой;  $f_0$  — коэффициент основного сопротивления движению;  $i$  — продольный уклон дороги;  $S_3$  — запасное расстояние безопасности:  $S_3 = 5...10$  м.

Расстояние видимости для встречного движения двух автомобилей по одной и той же полосе (рис. 3.9, б) определяется по формуле

$$S_B = v_1 t_1 + v_2 t_2 + \frac{k_3 v_1^2}{2g \left( \frac{Q_T}{Q_{\text{пол}}} \varphi + f_0 \pm i_1 \right)} + \frac{k_3 v_2^2}{2g \left( \frac{Q_T}{Q_{\text{пол}}} \varphi + f_0 \pm i_2 \right)} + S_3.$$

По техническим условиям допускается принимать видимость согласно табл. 3.6.

Расчетное расстояние видимости в плане и профиле принимают из условия расположения глаза водителя на высоте 1,2 м над поверхностью проезжей части и нахождения на крайней правой полосе движения на расстоянии 1,5 м от кромки проезжей части.

Для обеспечения расчетной видимости на кривых в плане (закрытой местности) необходимо, чтобы водитель, находясь в точке *A* (рис. 3.10, *a*), мог увидеть дорогу или препятствие на ней в точке

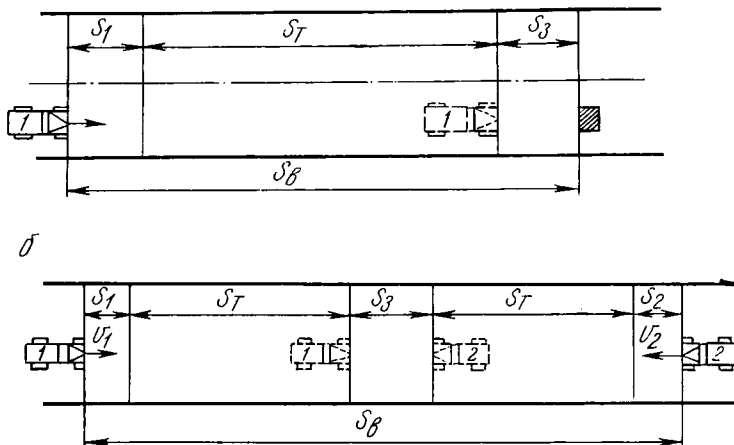


Рис. 3.9. Схемы для определения расстояния видимости

ке *B*. Расстояние *AB* должно быть не менее установленной расчетной видимости, приведенной в табл. 3.6. Для обеспечения этого условия на кривых в плане с внутренней стороны должны предусматриваться следующие мероприятия: расчистка леса и кустарника; разработка откосов выемки или крутых косоголов и перенос строений, препятствующих видимости (рис. 3.10, *б*). Ширина поло-

Табл. 3.6. Расчетное расстояние видимости, м

Виды дорог	При равнинном и холмистом		При горном рельефе	
	поверхности дороги	автомобиля	поверхности дороги	автомобиля
Магистральные дороги:				
I категории	75	150	50	100
II категории	50	100	40	80
III категории	40	80	25	50
Ветки и дороги, не имеющие выраженного грузооборота	25	50	20	40
Усы	20	40	15	30

сы расчистки леса и кустарника, разработка откосов выемки и перенос строений устанавливаются расчетом. При расчете могут быть два случая:

а) при  $S_B > K$  (рис. 3.11, а)

$$Z = R \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{S_B - K}{2} \sin \frac{\alpha}{2} \text{ м;}$$

б) при  $S_B \leq K$  (рис. 3.11, б)

$$Z = R \left( 1 - \cos \frac{\beta}{2} \right) \text{ м,}$$

где  $R$  — радиус круговой кривой, м;  $\alpha$  — угол поворота, рад;  $K$  — длина кривой, м;  $S_B$  — расстояние видимости, м;  $\beta$  — угол, ограничивающий расстояние видимости, рад:

$$\beta = \frac{S_B}{R}; \text{ при } S_B = K \quad \beta = \alpha.$$

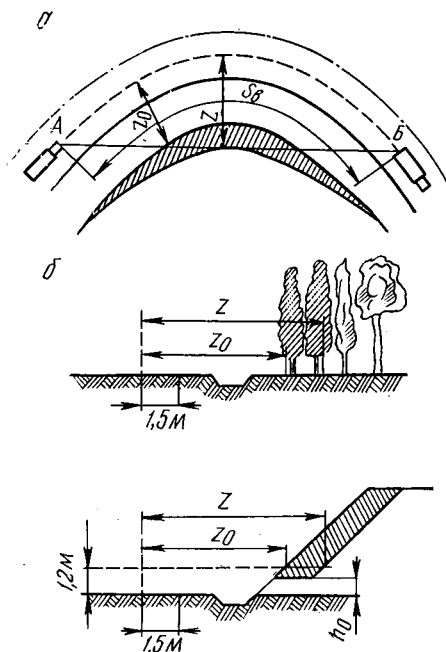


Рис. 3.10. Обеспечение видимости на кривых:

а — зона, подлежащая расчистке или срезке (заштрихована) в плане; б — то же в поперечном профиле

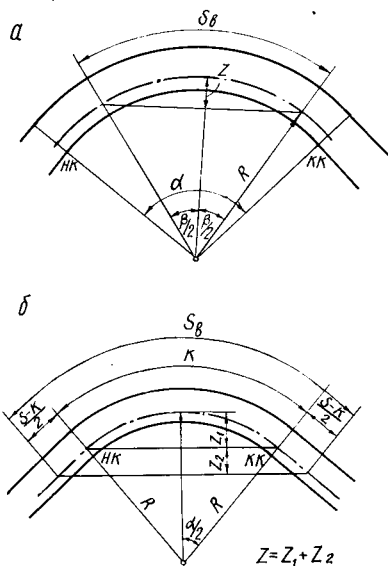


Рис. 3.11. Схемы для расчета видимости на кривых

На кривых в плане должна быть обеспечена боковая видимость. Расстояние ее определяется из условия равенства времени остановки автомобиля и выхода пешехода на проезжую часть (рис. 3.12).

$$Z_{бок} = \frac{2S_B v_{п}}{v_a} \text{ м,}$$

где  $v_{п}$  — скорость пешехода или автомобиля по пересекающей дороге, м/с;  $v_a$  — скорость автомобиля, м/с.

**Проектирование серпантин.** В горной местности для преодоления крутых подъемов и спусков устраивают кривые с углом поворота, близким к  $180^\circ$ . При таком повороте разместить кривую внутри угла невозможно, поэтому ее выносят за пределы и соединяют

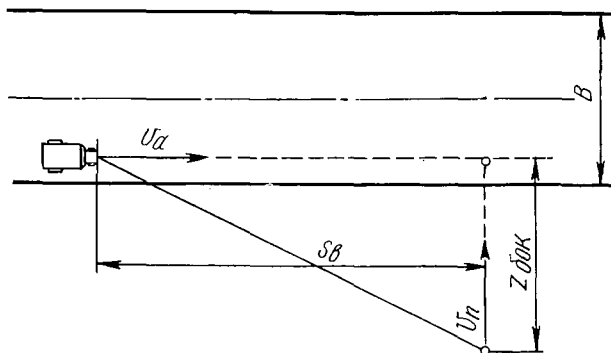


Рис. 3.12. Схема определения расстояния боковой видимости

с прямыми участками трассы обратными сопрягающими кривыми (рис. 3.13). Такой участок трассы называется *серпантиной*. Серпантинны могут быть симметричными относительно биссектрисы угла  $\gamma$  и несимметричными, более удобно вписываемыми в рельеф местности.

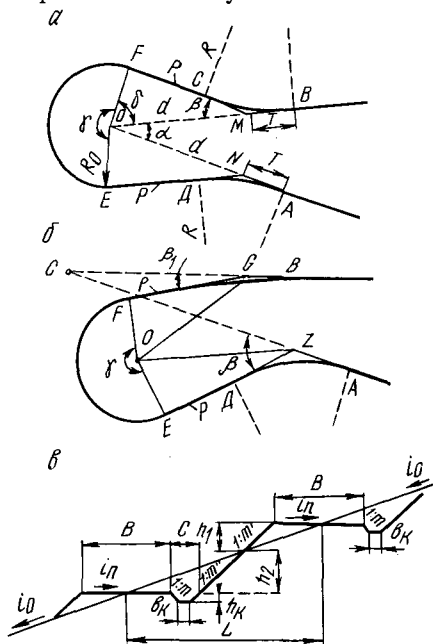


Рис. 3.13. Серпантинны:

а — первого рода; б — второго рода; в — схема для определения минимального расстояния между осями нижней и верхней ветвей серпантинны

сы угла  $\gamma$  и несимметричными, более удобно вписываемыми в рельеф местности.

В зависимости от расположения вспомогательных (сопрягающих) кривых различают серпантинны первого и второго рода. В серпантиннах первого рода вспомогательные кривые расположены выпуклостями в разные стороны, а в серпантиннах второго рода они направлены в одну сторону. Проектирование серпантинны заключается в установлении величин отдельных элементов для ее разбивки и проверки возможности размещения земляного полотна на местности.

Порядок расчета и разбивки элементов серпантинны первого рода следующий.

1. Определяют минимальное расстояние между вершинами вспомогательных кривых, необ-

ходимое для размещения элементов поперечного профиля дороги, по формуле

$$L = B + C + m(h_1 + h_2),$$

где  $C = 2mh_{\kappa} + b_{\kappa}$ ;  $h_1 = \frac{Bi_0}{2(1 - m'i_0)}$ ;

$$h_2 = \frac{Bi_0}{2(1 - m''i_0)} + \frac{Ci_0}{1 - mi_0}.$$

Обозначения см. на рис. 3.13, в.

2. Из треугольника  $OFM$  (рис. 3.13, а) по известным сторонам находятся углы  $\beta$  и  $\delta$ .

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{-p \pm \sqrt{p^2 + 3R^2}}{3R},$$

где  $p$  — прямая вставка, м.

3. Определяют расстояние от вершины основной до вершины вспомогательной кривых  $OM = ON = d$  по формуле

$$d = \frac{R_0}{\sin \beta}.$$

4. Находят расстояние от вершины угла вспомогательной кривой до начала основной кривой  $MF = NE$  по формуле  $MF = p + T = d \cos \beta$ .

5. В зависимости от угла поворота вспомогательной кривой  $\beta$  и ее радиуса  $R$  по таблицам находят элементы вспомогательной кривой:  $T$ ;  $K$ ;  $B$ .

6. Определяют расстояние между осями ветвей серпантинны

$$Z = 2d \sin \frac{\alpha}{2} + 2B.$$

7. Сравнивают полученное значение  $Z$  с расстоянием  $L$ , найденным, как указано в п. 1. Если значение  $Z \geq L$ , то можно разместить все элементы дороги заданных размеров, а если  $Z < L$ , необходимо произвести перерасчет, изменив некоторые параметры дороги или элементы серпантинны.

8. Вычисляют угол и длину кривой по формулам: угол основной кривой  $\gamma = 2(\pi - \delta)$ ; длина основной кривой  $S = R_0\gamma$ .

9. Производят разбивку основной кривой, для этого задаются некоторым числом точек  $k$ , тогда длина дуги будет

$$\Delta_S = \frac{S}{k-1},$$

а центральный угол, соответствующий этой дуге, будет равен

$$\Delta_\gamma = \frac{\gamma}{k-1}.$$

Имея значения  $\Delta_\gamma$  и  $R_0$ , производят разбивку основной кривой на местности.

Нормы проектирования серпантин приведены в табл. 3.7.

Табл. 3.7. Нормы проектирования серпантин

Наименование элементов серпантин	Расчетная скорость движения, м/с		
	8,3	5,5	4,2
Наименьший радиус основной кривой, м:			
при вывозке леса в хлыстах	50	40	30
при вывозке леса в сориментах	30	20	15
Длина переходной кривой, м	30	25	20
Поперечный уклон проезжей части на вираже, ‰	60	60	60
Наименьший продольный уклон в пределах серпантин, ‰	Принимается согласно общим требованиям		

Уширение проезжей части на серпантинах делается за счет внешней обочины на 0,5 м, а остальная часть — за счет внутренней обочины и дополнительного уширения земляного полотна. Проезжая часть в пределах серпантин, как правило, устраивается двухполосной, при однополосной — на серпантине проектируют развязки. Расстояние между концом и началом сопрягающих кривых двух смежных серпантин должно приниматься возможно большим, но не менее 100 м.

### 3.4. Продольный профиль дороги

*Продольный профиль* — это графическое изображение разреза автомобильной дороги вертикальной плоскостью вдоль ее продольной оси (рис. 3.14). Он определяется проектной (красной) линией, которая относится к бровке земляного полотна. Эта линия показывает положение проектируемой дороги по отношению к поверхности земли. Если проектная линия расположена выше поверхности земли, дорога проходит в насыпи, если ниже — в выемке.

Основными геометрическими элементами продольного профиля являются уклоны проектной линии (подъемы и спуски), шаг проектирования и вертикальные кривые, устраиваемые на переломах профиля.

*Уклоном* называют отношение разницы отметок крайних точек любого участка профиля к горизонтальной проекции линии, соединяющей эти точки ( $i = (H_2 - H_1)/l$ ). Уклоны проектной линии выражаются десятичной дробью, в промилле, процентах или радианах. Соотношения между этими единицами измерения следующие:  $1\text{‰} = 0,1\% = 0,001$ . Основными уклонами продольного профиля дороги являются руководящий и уравнивающий.

*Руководящий уклон* — максимальный подъем в грузовом направлении, расположенный на прямом участке пути, преодолеваемый одиночной тягой с равномерной скоростью.

*Уравнивающий уклон* — максимальный спуск в грузовом направлении, величина которого допускается наличием тормозных средств лесовозного поезда, т. е. максимальный спуск не должен превосходить величины уравнивающего подъема.



Величина руководящего подъема устанавливается на основании технико-экономических расчетов с учетом грузооборота дороги, типа автомобиля и покрытия проезжей части, способа вывозки древесины и рельефа местности. Значения руководящих подъемов для различных типов дорог приведены в табл. 3.8.

Табл. 3.8. Значение руководящего уклона

Виды дорог	Наибольшие значения руководящего подъема в грузовом направлении (‰) при рельефе		
	равнинном	холмистом	горном
Магистрали, ветки и усы лесовозных дорог I и II категорий	30	50	80
Магистрали, ветки и усы лесовозных дорог III категории и лесохозяйственные дороги	40	60	90
Дороги, не имеющие выраженного грузооборота, и хозяйственные дороги (наибольшая величина уклона в обоих направлениях)	70	90	110

Уравновешенный подъем устанавливается с учетом рельефа местности и должен приниматься возможно меньшим, однако в особых условиях его значение может быть принято на 20% больше руководящего подъема, установленного для данной категории дороги.

При изменении уклонов на продольном профиле дороги образуются переломы, которые вызывают неудобства при движении, создают резкие изменения усилий в сцепных приборах, ухудшают управляемость автомобилей, на выпуклых переломах ограничивается видимость, а на вогнутых создается перегрузка рессор и т. д. Поэтому переломы продольного профиля смягчают устройством вертикальных кривых.

Радиус вогнутых вертикальных кривых (рис. 3.15, б) определяют по условиям допускаемой перегрузки рессор от действия центробежной силы  $F = mv^2/R$  по формуле:  $R_{\min} \geq 2v^2$ , где  $v$  — скорость движения автомобиля, м/с.

Радиус выпуклых вертикальных кривых (рис. 3.15, а) определяют с учетом условия обеспечения видимости

$$R_{\min} = \frac{S_{\text{в}}^2}{2d},$$

где  $S_{\text{в}}$  — расстояние видимости поверхности дороги, м;  $d$  — возвышение глаза водителя над поверхностью дороги:  $d = 1,2$  м. Вертикальные кривые устраиваются в местах переломов проектной линии в продольном профиле при алгебраической разнице сопрягаемых уклонов более 15% на магистрали и ветках и более 20% на усах. При проектировании лесовозных автомобильных дорог рекомендуется принимать радиусы вертикальных кривых: выпуклые  $R = 2500$  м, вогнутые  $R = 500$  — для магистралей и соответственно

(Наименование ведомства, в подчинении которого  
находится проектная организация)

(Проектная организация)

## Продольный профиль

магистрالی ..... автомобильной  
дороги

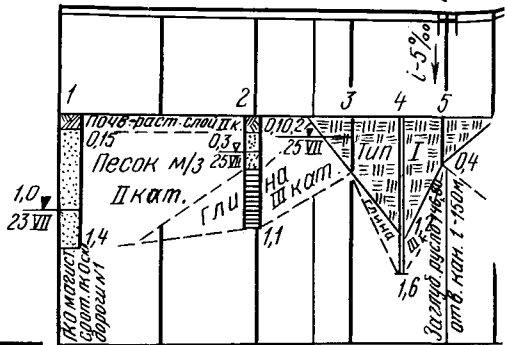
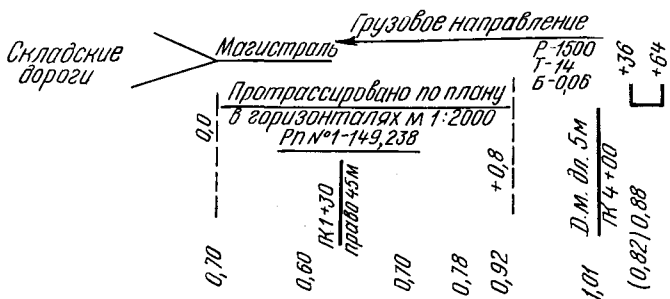
..... леспромхоза

### Основные показатели

1. Категория дороги
2. Длина строящегося участка км
3. Ширина дорожного полотна м
4. Покрытие
5. Наибольший подъем в грузовом направлении ‰
6. Наибольший спуск ‰
7. Минимальный радиус кривых в плане м
8. Расчетная нагрузка мостов
9. Тип связи
10. Профильный объем земляных работ на 1 км  
насыпи ..... м<sup>3</sup>  
выемки ..... м<sup>3</sup>

.....  
(Город)  
197... год

Рис. 3.14. Продольный профиль



20	Ситуация		Сосновый лес		Сосновый лес	
5	Тип покрытия (h-по оси)		Средней густоты и крупности		Редкий мелкий по болоту	
5	Грунт земляного полотна и его модуль деформации		Гравийное h = см		Гравийное h = см	
5	тип поперечного профиля земляного полотна		150 кг/кв. см		Песок 150 кг/кв. см	
5	левая канава или резерв	Уклоны	I б	II а	III	
5		Отметки	200 - p - 3° 30'	147,88	147,70	осушительная канава
5	правая канава или резерв	Уклоны	200 - p - 3° 30'	147,88	147,70	осушительная канава
5		Отметки	148,18	148,18	147,88	147,70
10	Уклоны		0			
15	Отметки по бровке дорожного полотна (поверху покрытия)		149,30	149,30	149,10	148,98
15	Отметки земли по оси дороги		148,8	148,7	148,4	148,2
10	Расстояния			60	40	50
15	Пикеты		0	1	2	3
10	План линии		0,0	166,6	66,6	8,0
5	Километры		0,0	1	2	3

автомобильной лесозвозной дороги



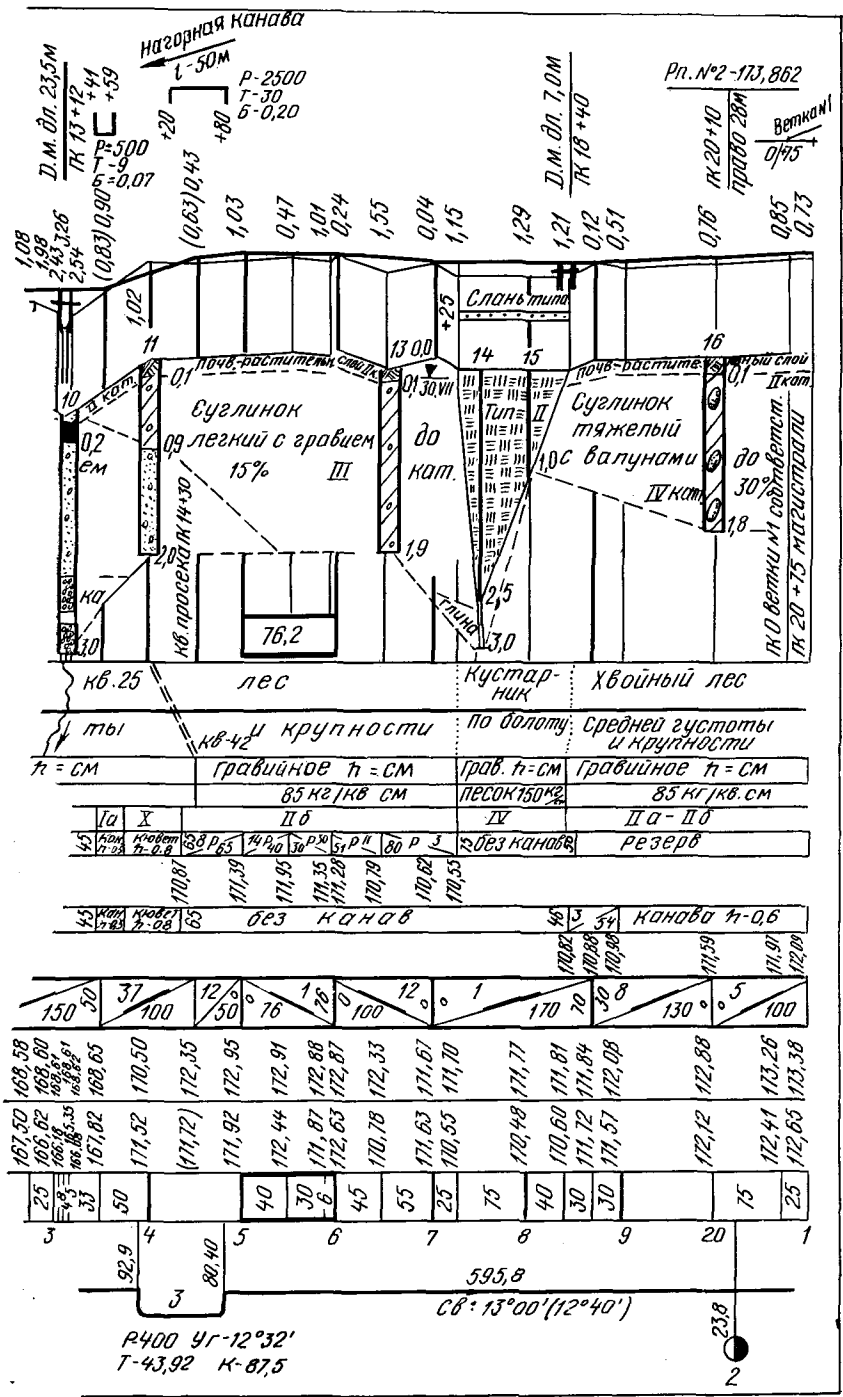


Рис. 3.14. Окончание

$R=1000$  м и  $R=200$  м — для веток и прочих дорог. В стесненных условиях в соответствии с ТУ — 64 радиусы вертикальных кривых следует принимать не менее указанных в табл. 3.9.

Значения основных элементов вертикальных кривых определяются по приближенным формулам:

$$\text{длина кривой } K \approx R\Delta i \text{ м;}$$

$$\text{тангенс кривой } T = \frac{K}{2} \text{ м;}$$

$$\text{биссектриса } B \approx \frac{T}{2R} \text{ м,}$$

где  $R$  — радиус вертикальной кривой, м;  $\Delta i$  — алгебраическая разность сопрягаемых уклонов.

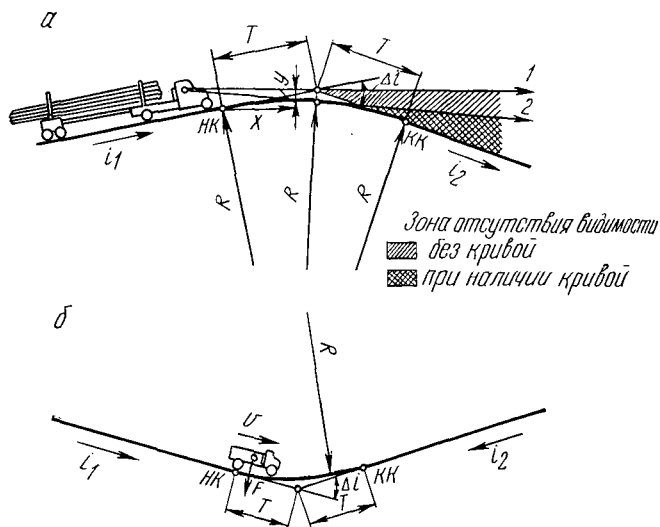


Рис. 3.15. Вертикальные кривые

Ордината любой промежуточной точки, находящейся от начала кривой на расстоянии  $x$ , определяется из следующего выражения:

$$y = \frac{x^2}{2R} \text{ м.}$$

Этой формулой пользуются для определения поправок к рабочим отметкам.

Расстояние между вершинами переломов проектной линии в продольном профиле (шаг проектирования) назначается из расчета обеспечения размещения вертикальных кривых. Смежные вертикальные кривые могут сопрягаться между собой без прямых вставок. Шаг проектирования при пилообразном продольном профиле принимается не менее величин, указанных в табл. 3.10.

Табл. 3.9. Наименьшие радиусы вертикальных кривых

Виды дорог	Наименьшие радиусы кривых, м			
	выпуклых		вогнутых	
	в равнинном и холмистом рельефах	в горном рельефе	в равнинном и холмистом рельефах	в горном рельефе
Магистралли:				
I категории	2500	1000	500	200
II категории	1000	600	200	100
III категории	600	400	100	100
Ветки, усы и дороги, не имеющие выраженного грузопотока	250	150	100	100

Примечание. Значения радиусов вертикальных кривых следует назначать с таким расчетом, чтобы длина кривой была не менее 10 м, а биссектриса — не менее 5 см.

Табл. 3.10. Величина шага проектирования, м

Виды дорог	Величина шага проектирования при рельефах местности	
	равнинном и холмистом	горном
На магистральных лесовозных и лесохозяйственных дорог	50	20
На дорогах, не имеющих выраженного грузооборота	30	20

На участках дорог в горной и пересеченной местностях с продольными уклонами круче 60‰ через каждые 2...3 км необходимо предусматривать вставки длиной не менее 50 м между концами вертикальных кривых с продольным уклоном не более 20‰ или устраивать специальные площадки для стоянки автомобилей.

Продольный профиль вычерчивается на миллиметровой бумаге в соответствии с установленными правилами (см. рис. 3.14). При этом применяются следующие масштабы: для дорог в равнинной местности: горизонтальный 1 : 5000 (в 1 см 50 м), вертикальный 1 : 500 (в 1 см 5 м); для дорог в горной местности: горизонтальный 1 : 2000, вертикальный 1 : 200.

Условные знаки, применяемые при построении продольного профиля дороги, приведены на рис. 3.16 и 3.17.

Различают два метода размещения проектной линии: обертывающая и секущая проектировки. В первом случае проектную линию наносят параллельно поверхности земли, отступая от этого правила на пересечениях, пониженных местах рельефа и близком расположении переломов продольного профиля. Второй

метод применяют при сложном рельефе местности, когда уклоны рельефа местности значительно превышают руководящий уклон.

После построения продольного профиля проверяют правильность его составления. Он должен удовлетворять следующим условиям:

1) алгебраическая сумма произведений всех уклонов должна равняться разности крайних проектных отметок;

2) разность суммы высот всех насыпей и глубин выемок должна равняться разности сумм всех проектных и черных отметок;

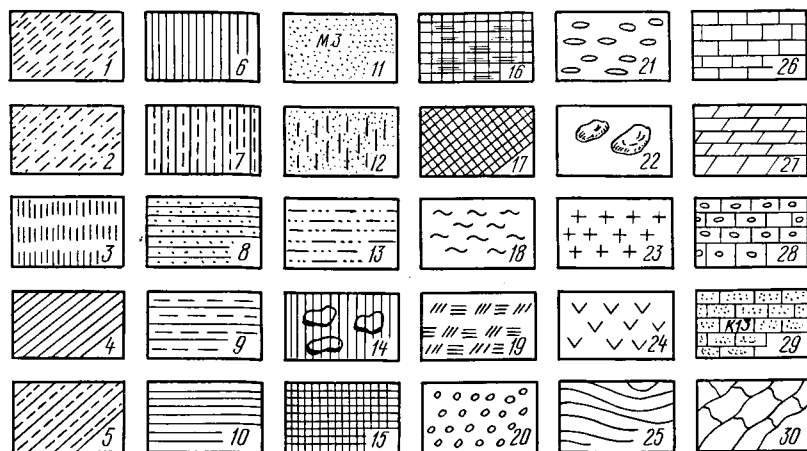


Рис. 3.16. Условные обозначения грунтов и горных пород на продольных профилях автомобильных дорог:

1 — супесь легкая; 2 — супесь пылеватая; 3 — супесь тяжелая; 4 — суглинок легкий; 5 — суглинок легкий пылеватый; 6 — суглинок тяжелый; 7 — суглинок тяжелый пылеватый; 8 — глина песчаная; 9 — глина пылеватая; 10 — глина жирная; 11 — песок мелкий; 12 — песок пылеватый; 13 — пльвун; 14 — суглинок тяжелый валунный; 15 — торф; 16 — торф разжиженный; 17 — сарпелель; 18 — ил, иловатый грунт; 19 — на-сыпной грунт; 20 — гравий; 21 — галька; 22 — валуны; 23 — гранит; 24 — диабаз; 25 — сланец глинистый; 26 — известняк; 27 — мергель; 28 — известняк-ракушечник; 29 — песчаник; 30 — трещиноватость пород. Грунты разнородные по составу пока- зываются условными знаками их компонентов

3) сумма длин всех уклонов и площадок должна равняться дли- не линии;

4) сумма длин всех прямых и кривых должна равняться полной длине линии;

5) сумма расстояний по обеим сторонам вертикальной линии, проведенной в месте перелома проектной линии или в начале и в конце кривой, должна равняться 100 м;

6) алгебраическая сумма всех углов поворота должна равняться углу между первой и последней прямой, взятой по их румбам.

Для характеристики качества запроектированного продольного профиля, сравнения и оценки различных вариантов применяются следующие основные измерители: величины руководящего подъема, максимального (расчетного) спуска, среднего уклона, протяжения





подъемов (%), спусков, горизонтальных площадок, шаг проектирования, нормальная и максимальная величины принятых радиусов вертикальных кривых, общее количество земляных работ на 1 км пути, количество искусственных сооружений и их длина по настилу на 1 км пути.

### 3.5. Земляное полотно

Земляное полотно следует проектировать по типовым поперечным профилям в соответствии с дорожно-климатической зоной, с учетом рельефа, типа местности по характеру и степени увлажнения (табл. 3.11).

Табл. 3.11. Типы местности по характеру и степени увлажнения

Тип местности по характеру и степени увлажнения	Характеристика типа местности	Признаки увлажнения
I	Сухие места без избыточного увлажнения	Поверхностный сток обеспечен, и грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов
II	Сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды года	Поверхностный сток не обеспечен. Весной и осенью появляется застой воды на поверхности, но грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов
III	Мокрые места с постоянным избыточным увлажнением	Грунтовые воды или длительно стоящие (более 20 сут.) поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи грунтов; почвы торфяные, оглеенные с признаками заболачивания

Различают 12 типов поперечных профилей земляного полотна (рис. 3.18): I тип — насыпи высотой до 1 м с канавами или резервами при поперечном уклоне местности до 1 : 10 при песчаных и супесчаных грунтах. При поперечном уклоне круче 1 : 25 канавы устраиваются только с верховой стороны; II тип — насыпи высотой до 1 м с канавами или резервами при поперечном уклоне местности до 1 : 10 при суглинистых и глинистых грунтах. При поперечном уклоне круче 1 : 25 канавы устраиваются только с верховой стороны; III тип — насыпь на сырых и заболоченных участках при поперечном уклоне местности до 1 : 10. При поперечном уклоне местности круче 1 : 25 канавы устраиваются только с верховой стороны. Этот профиль применяется также во всех случаях, когда дорожные канавы совмещаются с лесомелиоративными. IV тип — насыпь высотой до 1 м из привозного грунта без канав (на валунных грунтах, болотах II типа и др.); V тип — насыпь высотой от 1 до 12 м при поперечном уклоне местности до 1 : 10. Насыпь высотой до 12 м из



крупного и средней крупности песка, гравия, гальки, щебня слабо-выветривающихся горных пород устраивается с откосами 1 : 1,5 на всю высоту насыпи; VI тип — насыпь на косогоре крутизной от 1 : 10 до 1 : 5; VII тип — насыпь без резервов на косогоре крутизной от 1 : 5 до 1 : 3. На косогорах из дренирующих грунтов, не покрытых растительностью, уступы не делаются; VIII тип — подтапливаемая насыпь; IX тип — выемка без кавальера в песчаных и супесчаных грунтах глубиной до 12 м, при поперечном уклоне местности круче 1 : 5 банкеты не устраиваются; X тип — выемка без кавальера в глинистых и суглинистых грунтах до 12 м при поперечном уклоне местности не круче 1 : 3. При уклоне местности круче 1 : 5 банкеты не устраиваются; XI тип — выемка глубиной до 12 м в мелких пылеватых песках, лёссах, жирных и пылеватых глинах, легковыветривающейся или сильнотрещиноватой скале при поперечном уклоне местности не круче 1 : 3. При высоте откосов до 2 м закуветные полки не устраиваются; XII тип — выемки в слабовыветривающихся скальных породах.

При проектировании и возведении земляного полотна автомобильных дорог руководствуются дорожной классификацией грунтов. Запрещается применять при возведении земляного полотна: недренирующие грунты, содержащие водорастворимые соли в количестве более 8% при хлоридном и более 5% при сульфитном засолении; жирные глины, меловые и тальковые грунты и трепелы при наличии грунтовых вод на глубине менее 1 м и на поймах рек; торф; илистые грунты — ил, мелкий песок с примесью торфа или ила, жирные глины с примесью ила.

Без ограничений для отсыпки насыпей допускаются: камень, щебенистые, гравелистые грунты и пески (за исключением пылеватых); кислые и нейтральные металлургические шлаки. Глинистые грунты (супеси, суглинки, глины) допускаются для возведения насыпей при влажностях, не превышающих оптимальные более чем на 10%.

Устойчивость земляного полотна обеспечивается соблюдением проектных размеров, отводом поверхностных и грунтовых вод, подбором грунтов соответствующего качества и отсыпкой их горизонтальными слоями на всю ширину насыпи с послойным уплотнением до требуемой плотности, которая определяется по формуле:  $P_{тр} = K_y P_{max}$ , где  $K_y$  — коэффициент уплотнения (табл. 3.12);  $P_{max}$  — наибольшая плотность при оптимальной влажности, определяемая в лаборатории методом стандартного уплотнения.

На участках трассы с несложными инженерно-геологическими, гидрогеологическими и другими природными условиями земляное полотно проектируется по типовым проектам. Индивидуальные проекты земляного полотна разрабатываются в следующих случаях (СНиП II-Д. 5—72): для насыпей высотой более 12 м из нескальных грунтов; для насыпей на участках временного подтопления, а также в местах пересечения водоемов и водостоков; для насыпей на болотах глубиной более 4 м или при меньшей глубине, когда не предусматривается выторфовывание, а также при наличии поперечных

Табл. 3.12. Минимально требуемые коэффициенты уплотнения

Виды земляного полотна	Часть земляного полотна	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	Усовершенствованные покрытия капитального типа		Усовершенствованные покрытия облегченные и переходного типа			
			дорожно-климатические зоны					
			II ... III	IV ... V	II ... III	IV ... V		
Насыпь	Верхняя	До 1,5	1 ... 0,98	0,98... 0,95	0,98... 0,95	0,95		
	Нижняя неподтапливаемая	1,5 ... 6	0,95	—	—	—		
		>6	0,98	0,95	0,95	0,95...		
Выемка и естественные основания низких насыпей	В зоне промерзания	До 1,2*	1,0 ... 0,98	0,98... 0,95	0,98... 0,95	0,95		
		Ниже зоны промерзания	До 1,2*	0,95	0,95... 0,92	0,95... 0,92	0,90	

Примечания: 1. Большие значения коэффициента уплотнения принимают при цементно-бетонных и цементно-грунтовых покрытиях и основаниях, а также при усовершенствованных облегченных покрытиях.

2. Коэффициент уплотнения верхней части грунтового основания непосредственно под дорожной одеждой на глубину 0,2 м принимают 1,0 при покрытиях капитального типа и 0,98 — при покрытиях облегченного типа.

3\*. В IV ... V дорожно-климатических зонах принимается 0,8 м.

уклонов dna болота более 1 : 10; для насыпей на участках со слабыми естественными основаниями, в том числе в местах размещения водоспускных устройств, а также при выходе ключей в пределах основания; для выемок в скальных грунтах при высоте откосов более 12 м и в скальных — более 16 м при благоприятных инженерно-геологических условиях; для выемок при высоте откосов менее 16 м в скальных породах, имеющих наклон пластов в сторону полотна; для выемок в глинистых переувлажненных грунтах с коэффициентом консистенции более 0,5 или вскрывающих водоносные горизонты; для выемок глубиной более 6 м в глинистых пылеватых грунтах в районах с избыточным увлажнением, а также в глинистых грунтах, теряющих прочность и устойчивость в откосах под воздействием климатических факторов; для насыпей и выемок, сооружаемых в сложных инженерно-геологических условиях (на косогорах круче 1 : 3, на участках с наличием или возможным развитием оползней, оврагов, карста, обвалов, оспей, селей, снежных лавин, наледей).

Геометрическая форма и конструкция земляного полотна должны способствовать незаносимости дороги снегом и песком. Снегозаносимость обеспечивается наличием пологих откосов насыпей и выемок (от 1 : 4 до 1 : 6), возвышением бровки полотна на 0,5...0,8 над поверхностью снегового покрова (в данной местности при рас-

четной вероятности превышения 5%), ограждением дороги насаждениями и снегозащитными устройствами. Лучше всего трассу прокладывать вдоль господствующих ветров в зимнее время.

Возвышение низа дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых вод или длительно стоящих (более 20 сут.) поверхностных вод (II и III типы местности) и над поверхностью земли должно быть не менее величин, приведенных в табл. 3.13 в соответствии с ТУ—64.

Табл. 3.13. Возвышение низа дорожной одежды над уровнем грунтовых вод и над поверхностью земли

Грунты земляного полотна	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды над уровнем грунтовых вод (числитель) и над поверхностью земли (знаменатель), м			
	II зона	III зона	IV зона	V зона
Пески средние и мелкие, супеси легкие	0,7	0,6	0,5	0,4
	0,5	0,4	0,3	0,2
Пески пылеватые, супеси тяжелые	1,2	0,8	0,8	0,7
	0,6	0,5	0,4	0,3
Супеси пылеватые, тяжелые пылеватые; суглинки легкие, легкие пылеватые и тяжелые пылеватые	1,9	1,7	1,4	1,3
	0,8	0,6	0,5	0,4
Суглинки тяжелые, глины пылеватые, песчанистые и жирные	1,9	1,4	1,1	1,0
	0,7	0,6	0,4	0,4

Примечание. Бровка земляного полотна дорог летнего действия на подходах к мостам и трубам в пределах разлива и при расположении дороги вдоль рек, в зоне водохранилища и бровка оградительных дамб должны возвышаться не менее чем на 0,5 м, а бровка незатопляемых регуляционных сооружений и берм у насыпей — не менее чем на 0,25 м над отметкой подпорного горизонта, определяемого по расчету.

При проектировании земляного полотна на косогорах крутизной 1 : 5 и более предусматривают мероприятия для предотвращения оползания насыпей по склону и размыва земляного полотна водами, поступающими с нагорной стороны. На расстоянии не менее 5 м от наружной бровки, выемки или 2 м от основания насыпи предусматривают нагорные канавы с banquetами, расположенными с низовой стороны. На косогорах крутизной менее 1 : 5, а также в скальных грунтах нагорные канавы проектируют без banquetов. Грунтовые воды, которые могут нарушить устойчивость земляного полотна, должны прихватываться дренажными сооружениями. Эти сооружения выполняются по специальному проекту.

При проектировании земляного полотна принятие наиболее рационального решения должно быть обосновано технико-экономическими расчетами на основе соответствующих обследований трассы проектируемой или реконструируемой дороги. В зависимости от расположения проектной линии по отношению к окружающей местно-

сти существуют следующие основные формы земляного полотна: насыпь, выемка, полунасыпь - полувыемка.

Ширина земляного полотна по верху равна расстоянию между бровками и определяется в зависимости от типа подвижного состава, скорости движения, рельефа местности и др. Основные параметры земляного полотна и проезжей части автомобильных лесовозных дорог в соответствии с ТУ—64 приведены в табл. 3.14.

Табл. 3.14. Ширина земляного полотна и проезжей части

Виды дорог	Ширина, м					
	при равнинном и холмистом рельефах			при горном рельефе и других сложных условиях		
	земляного полотна	проезжей части	обочины	земляного полотна	проезжей части	обочины

Магистрали дорог:						
I категории	10	7	1,5	9	7	1
II категории	8	6	1	8	6	1
III категории	5,5	4	0,75	5	4	0,5
Магистральные на- правления лесохозяйст- венных дорог, лесовоз- ные и лесхозийствен- ные ветки и дороги для вывозки живицы	5	3,5	0,75	4,5	3,5	0,5
Усы и пожарные до- роги в лесном массиве	4,5	3,5	0,5	4	3	0,5
Дороги хозяйственно- го значения	6,5	3,5	1,5	4,5	3,5	0,5

Примечание. Ширина земляного полотна и проезжей части приведена на габарит по ширине автомобилей и прицепа до 2,75 м, при большей ширине данные увеличиваются на 0,5 м при габарите коника до 3,3 м и на 1 м — при габарите коника 3,4 ... 3,7 м.

На однополосных дорогах двустороннее движение обеспечивается устройством разъездов полезной длиной не менее 30 м, расположенных в пределах видимости, но не далее 500 м друг от друга. Ширина земляного полотна на разъездах и проезжей части принимается по табл. 3.14, как для дороги II категории. Переход от однополосной ширины земляного полотна к двухполосной на разъездах осуществляется на протяжении 10 м.

Для обеспечения стока дождевых и талых вод поверхности земляного полотна придается двухскатный поперечный профиль в зависимости от типа устраиваемой одежды с поперечными уклонами: при устройстве дорожной одежды серповидного профиля — 10...30%; полукорытного или корытного профиля — дну корыта придается уклон, равный уклону проезжей части; при устройстве дорог без покрытий — 40...50%.

Крутизна откосов насыпей высотой до 1 м, возводимых из местных нескальных грунтов, а также крутизна внутренних откосов ка-

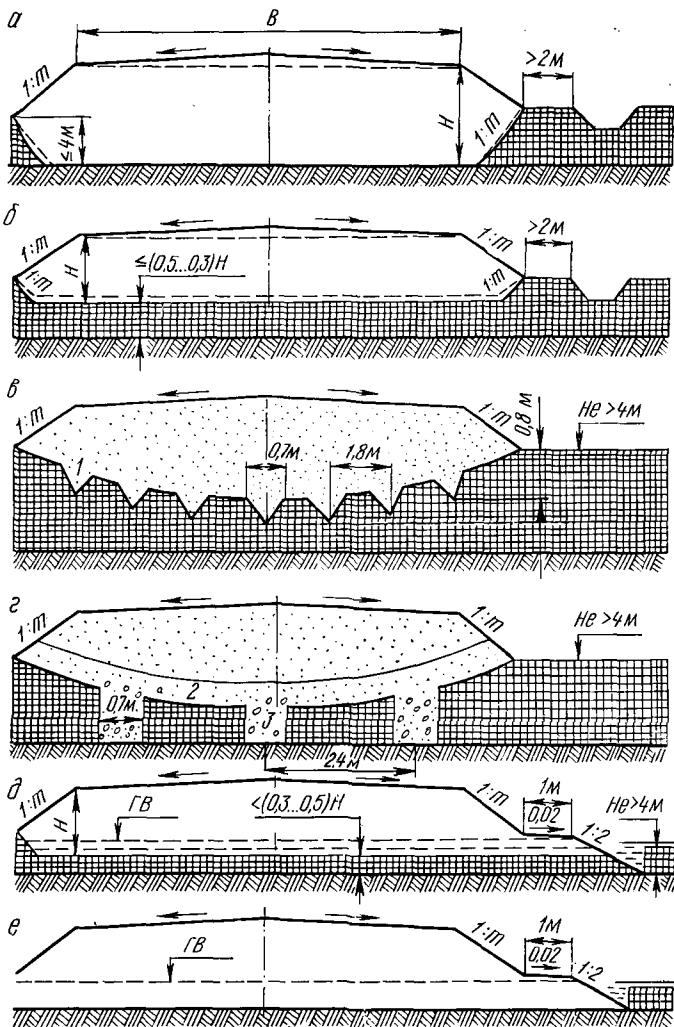


Рис. 3.19. Типовые поперечные профили насыпей на болотах:

*a, e* — полное выторфовывание с посадкой на минеральное дно; *б, в* — с частичным выторфовыванием; *г* — с дренажными вырезами; *д* — с погружением насыпей на сляину; *1* — борозды от проходов дискового катка; *2* — дренирующий слой; *3* — дренажные прорезы

нав и канав-резервов назначается в пределах от 1 : 1,5 до 1 : 3 в зависимости от типа грунтов, способа производства работ и применяемых средств механизации.

Земляное полотно на болотах проектируется в соответствии со следующей классификацией болот:

I тип — болота, заполненные торфами устойчивой консистенции, подстилаемые достаточно плотными минеральными грунтами;



II тип — болота, заполненные торфами неустойчивой консистенции, подстилаемые органическими или полуорганическими илами (сапропелями);

III тип — болота, заполненные жидкими торфами с плавающей торфяной коркой (сплавинные болота).

При проектировании земляного полотна на болотах предусматривают: пересечение болот в наиболее узком и неглубоком месте, имеющем наименьшие поперечные уклоны минерального дна; ограничение сроков стабилизации осадки насыпи периодом ее возведения; осушение болота во всех случаях, когда это технически возможно и экономически целесообразно (мелиоративные работы производят до возведения насыпей).

На дорогах с усовершенствованными капитальными покрытиями при глубине болота до 4 м, а также с облегченными усовершенствованными покрытиями до 2 м торф из-под насыпей должен быть полностью удален.

При проектировании дорог с переходными и низшими типами покрытий на болотах с устойчивыми торфами насыпи возводят без выторфовывания или с частичным выторфовыванием с таким расчетом, чтобы толщина оставшегося слоя торфа с учетом его обжатия была при переходных покрытиях не более  $\frac{1}{3}$ , а при низших — не более  $\frac{1}{2}$  толщины минеральной части насыпи. На болотах II и III типов насыпи должны возводиться с посадкой на минеральное дно болота. Насыпи на болотах проектируют, как правило, из водоустойчивых гравелистых, песчаных или супесчаных грунтов.

Табл. 3.15. Рекомендуемые конструкции земляного полотна на болотах

Тип болота	Глубина болота, м	Категории дорог		
		I	II	III
I	До 2	Полное выторфовывание	Полное выторфовывание	
	2 ... 4	Полное выторфовывание	Полное выторфовывание или дренажные прорези	Массивная насыпь, отсыпаемая на поверхность болота
	>4	Вертикальные дрены	Вертикальные дрены	
II	До 2	Полное выторфовывание	Полное выторфовывание	Облегченная насыпь из шлака плавающая или насыпь на фашинной (хворостяной) выстилке в основании
	2 ... 6	Посадка насыпи на минеральное дно болота путем выдавливания торфа	Посадка насыпи на минеральное дно	
	>6	Свайная эстакада	Вертикальные дрены	
III	До 8	Посадка насыпи на минеральное дно путем выдавливания торфа	Посадка насыпи на дно болота	Прокладка трассы по болоту экономически нецелесообразна
	>8	Свайная эстакада	Свайная эстакада	

Многочисленные конструкции земляного полотна на болотах сводятся к следующим основным типам (рис. 3.19):

I тип — земляное полотно, опирающееся на минеральное дно болота: свайные эстакады; полное выторфовывание с засыпкой дренирующим грунтом.

II тип — земляное полотно, опирающееся на торфяную залежь с улучшением строительных свойств слабого основания: частичное выторфовывание, земляное полотно с вертикальными дренами и дренажными прорезями, глубинное уплотнение и химическое укрепление слабых грунтов основания.

III тип — земляное полотно, проложенное непосредственно по поверхности: плавающие насыпи; облегченные насыпи; настилы и слани.

Типовые решения рекомендуемых конструкций земляного полотна на болотах приведены в табл. 3.15.

Все насыпи на болотах должны быть отсыпаны с запасом на осадку, величина которой устанавливается по расчету.

### 3.6. Водно-тепловой режим грунтов

*Водно-тепловым режимом грунтов* называется совокупность природных факторов, влияющих на распределение влажности и температуры. Изменение влажности и температуры происходит во времени: в течение суток, месяца, года; в зависимости от количества выпавших осадков; изменения температуры и влажности воздуха и т. д.

По предложению А. Я. Тулаева различают следующие периоды: I — первоначальное накопление влаги осенью в результате просачивания дождевых осадков; II — промерзание грунтов и зимнее перераспределение влаги; III — оттаивание грунтов и весеннее переувлажнение грунта; IV — летнее просыхание грунта.

В разные периоды года количество влаги не является постоянным, а изменяется за определенный промежуток времени согласно уравнению водного баланса.

$$W = (A + B + C) - (D + E + F),$$

где  $A$  — осадки, выпадающие на грунт, мм;  $B$  — приток воды с повышенных участков рельефа, мм;  $C$  — приток воды от уровня грунтовых вод, мм;  $D$  — сток воды с рассматриваемого участка грунта, мм;  $E$  — испарение влаги с поверхности грунта, мм;  $F$  — расход воды на просачивание в более глубокие слои грунта.

Из уравнения видно, что в течение года приток влаги в слой грунта должен быть равен расходу влаги за это же время.

Водный режим грунтов в условиях естественного залегания изучался Г. Н. Высоцким, который установил три типа: промывной, непромывной и выпотной.

Промывной тип характеризуется ежегодным промачиванием грунтовой толщи до уровня грунтовых вод. В водном режиме непромывного типа отсутствует сквозное промачивание

грунтовой толщи выше уровня грунтовых вод. Для выпотного типа характерно превышение испарения над количеством осадков.

Разнообразие климатических и гидрогеологических условий на территории СССР не позволяет проектировать дорожные конструкции по единым правилам. В связи с этим территория СССР разбита на V дорожно-климатических зон. Для II дорожно-климатической зоны характерен промывной тип водного режима.

Температурный режим грунтов является более сложным, чем водный. Уравнение теплового баланса складывается из потока тепловой

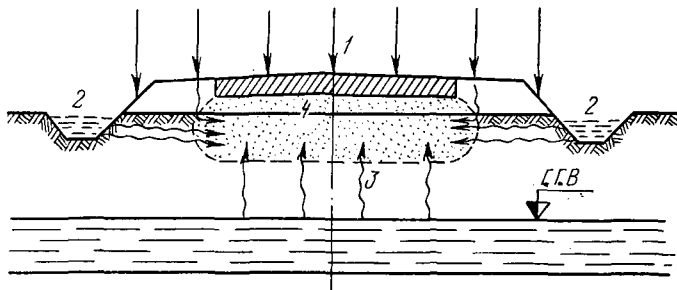


Рис. 3.20. Источники увлажнения грунтов земляного полотна:  
1 — атмосферные осадки; 2 — поверхностная вода; 3 — капиллярная вода от грунтовых вод; 4 — парообразная вода

энергии, поступающей в поверхностный слой грунта и расходуемой им в течение года.

Для расчета водно-теплового режима грунтов земляного полотна применяется метод, разработанный Н. А. Пузаковым, заключающийся в определении общего количества влаги, накопившейся в земляном полотне за зимний период при различных источниках увлажнения земляного полотна (рис. 3.20). В зависимости от источников увлажнения имеются три схемы расчета.

1. Сухие места с обеспеченным стоком поверхностных вод, глубоким залеганием уровня грунтовых вод и относительно малым количеством осадков. Осенняя влажность менее  $0,6 W_T$ . Накопление влаги в верхних слоях земляного полотна происходит за счет перераспределения ее запасов в зоне отрицательных температур без дополнительного притока воды из других слоев. В этом случае общее количество влаги, переместившейся в зону отрицательных температур за время промерзания, составит

$$Q_1 = \frac{2k(W_0 - W_1)}{\sqrt{\alpha_0} - \sqrt{\alpha_1}} \sqrt{2T}, \quad (3.2)$$

где  $k$  — коэффициент молекулярной влагопроводимости грунта, см<sup>2</sup>/сут;  $W_0$  — молекулярная влажность грунта;  $W_1$  — тройная гигроскопическая влажность грунта;  $\alpha_0$  — климатический параметр, определяющий наибольшую глубину проникновения в грунт изотермы  $0^\circ\text{C}$  за длительность зимы, см<sup>2</sup>/сут;  $\alpha_1$  — то же, изотермы

—3 °С за определенный промежуток времени, см<sup>2</sup>/сут;  $T$  — продолжительность промерзания, сут.

2. Районы с достаточным количеством осадков и затрудненным стоком воды от земляного полотна. Осенью верхние слои грунта переувлажняются, осенняя влажность  $W_{ос}$  превышает 0,6  $W_T$ . Накопление влаги в зоне отрицательных температур происходит за счет перемещения пленочной и капиллярно-подвешенной воды. Приток капиллярной влаги в зону отрицательных температур составит

$$Q_2 = 1,15 (W_{ос} - W_0) \sqrt{k_k T}, \quad (3.3)$$

где  $W_{ос}$  — осенняя влажность грунта;  $k_k$  — коэффициент капиллярной влагопроводимости грунта, см<sup>2</sup>/сут.

3. Постоянные сырые места с близким расположением уровня грунтовых вод от поверхности земли, с необеспеченным водоотводом. Осенняя влажность принимается равной капиллярной влагоемкости грунта ( $W_{ос} = W_k$ ). Накопление влаги в зоне отрицательных температур происходит за счет перемещения капиллярной воды от уровня грунтовых вод, причем путь фильтрации потока капиллярной воды постоянно уменьшается с увеличением глубины промерзания. Общее накопление влаги определяется по уравнению Н. А. Пузакова — М. Б. Корсунского.

$$Q_3 = \frac{2k_k (W_{у.г.в} - W_{пр})}{\alpha_0} Z (H_0 - h_0) \left\{ \left( 2,8 \frac{1-h_0}{H_0-h_0} - 1 \right) \exp \left[ 2,8 \frac{1-h_0}{H_0-h_0} - 1 \right] + \exp (-2,8) \right\}, \quad (3.4)$$

где  $H_0 = \frac{H_B + h}{Z}$ ;  $h_0 = \frac{h}{Z}$ ;  $\alpha_0 = \frac{Z^2}{2T}$ ;

$W_{у.г.в}$ ,  $W_{пр}$  — влажность грунта в долях от объема вблизи уровня грунтовых вод и у границы промерзания, причем  $W_{у.г.в} = W_k$ ;  $W_{пр} = W_0$ ;  $H_B$  — расстояние до уровня грунтовых вод, см;  $h$  — общая толщина дорожной одежды, см;  $Z$  — глубина промерзания от поверхности покрытия по оси проезжей части, см.

Глубина промерзания грунта земляного полотна может быть определена по методу, предложенному И. И. Леоновичем и Н. П. Вырко. Порядок расчета следующий.

1. Для заданного района строительства по карте изолиний (рис. 3.21) находят среднюю глубину промерзания грунта  $Z_{ср}$ , а по карте изолиний (рис. 3.22) — коэффициент вариации  $C_v$ .

2. В зависимости от заданного процента обеспеченности, коэффициента вариации  $C_v$  и асимметрии  $C_s = 2C_v$  по таблице С. И. Рыбкина (табл. 3.16) определяют модульный коэффициент  $k_s$ . Процент обеспеченности принимают в зависимости от категории дороги. Для дороги I категории — 5%; для II — 10 и для III — 20%.

3. Зная модульный коэффициент  $k_s$  и среднюю глубину промерзания грунта  $Z_{ср}$ , определяют глубину промерзания грунтов земляного полотна по формуле

$$Z = k_k k_s Z_{ср},$$

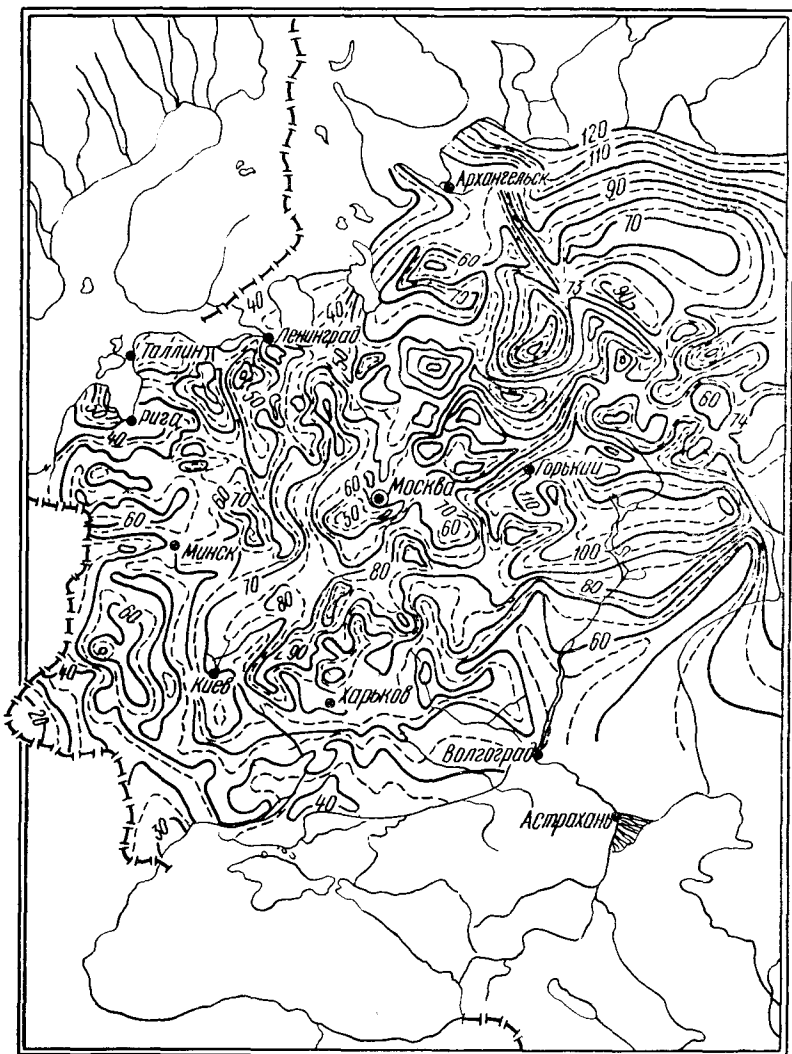


Рис 3.21. Карта изолиний средней многолетней глубины промерзания грунтов

где  $k_n$  — коэффициент, учитывающий теплофизические свойства грунта, снежный покров и др.:  $k_n = 1,7 \dots 2,0$ ;  $k_s$  — модульный коэффициент, определяемый по табл. 3.16;  $Z_{cp}$  — средняя глубина промерзания грунта, определяемая по карте изолиний, м.

Зная количество воды, поступившей в зону отрицательных температур, можно (допуская, что вся вода замерзает) определить для всех случаев увлажнения высоту морозного пучения по формуле



Табл. 3.16. Модульный коэффициент  $k_s$  по С. И. Рыбкину при  $C_s = 2C_v$

Коэффициент вариации	Процент обеспеченности		
	5	10	20
0,18	1,314	1,237	1,148
0,20	1,350	1,264	1,164
0,30	1,540	1,399	1,240
0,40	1,736	1,536	1,312
0,50	1,938	1,670	1,378
0,60	2,146	1,804	1,438
0,65	2,252	1,871	1,468
0,70	2,358	1,938	1,497
0,80	2,568	2,064	1,544

Табл. 3.17. Значения расчетных влажностных характеристик грунта

Грунты	Коэффициент		$W_{oc} - W_0$	$(W_0 - W_1) k$
	молекулярной влажностной проводимости $k$ , см <sup>2</sup> /сут.	капиллярной влажностной проводимости $k_k$ , см <sup>2</sup> /сут.		
Пески пылеватые	1,65	—	—	0,16
Супеси	1,70	6,6	0,05	0,17
Супеси мелкие	1,85	—	—	0,19
Супеси пылеватые	2,80	7,1	0,10	0,31
Суглинки	1,10	10,0	0,13	0,14
Суглинки пылеватые	1,20	—	—	0,14
Глины	1,20	17,0	0,18	0,12

Средние значения некоторых величин, входящих в формулы для разных типов грунтов, по данным Н. А. Пузакова, приведены в табл. 3.17.

### 3.7. Дорожный водоотвод

*Дорожный водоотвод* — это искусственные сооружения по сбору и отводу воды от земляного полотна: продольные и нагорные каналы, лотки, резервы, перепады, быстротоки, дренажи и т. д.

Резервы закладываются для возведения земляного полотна и используются в системе водоотвода. Они имеют правильную геометрическую форму и обеспечивают сток воды в сторону от земляного полотна. Для этого дну резерва придается поперечный уклон не менее 20‰ при ширине резерва менее 10 м и к середине при ширине не более 10 м. Дно резерва должно располагаться выше уровня грунтовых вод. Резервы в равнинной местности рекомендуется делать глубиной не более 1,5 м.

Продольный уклон дна принимается не менее 2‰ и не более предельного по условиям размыва.

Крутизна откосов со стороны земляного полотна 1 : 1,5, а с поля — 1 : 1.

Если насыпь высотой более 4 м, считая от дна резерва, то между подошвой насыпи и бровкой откоса устраивается берма шириной 2 м с поперечным уклоном в сторону от насыпи 20‰.

Расстояние от наружной бровки резерва до границы полосы отвода должно быть не менее 1 м.

Поперечные размеры резерва определяют по объему грунта, который нужен для возведения насыпи.

Продольные каналы служат для отвода поверхностных вод от земляного полотна на участках, где высота насыпи менее 1 м. Их устраивают с двух сторон земляного полотна при уклоне местности не более 1 : 25, с одной стороны — если более 1 : 25. Размеры поперечных сечений продольных канав определяют по расходу воды с вероятностью 1 : 20 на магистралях и 1 : 10 на ветках, но принимают не менее указанных в табл. 3.18.

Табл. 3.18. Очертание и размеры продольных канав

Показатели	Гравелистый песок, гравий	Песок, супесь и пылеватый песок	Суглинок, глина, пылеватый грунт
Очертание канавы	Треугольное		Трапециевидное
Глубина канавы, м:			
для II и III климатических зон	0,3	0,5	0,6
для IV и V климатических зон	—	0,4	0,5
Ширина канавы по дну, м	—	—	0,4
Крутизна откосов:			
внутренних	1 : 3	1 : 3	1 : 1,5... 1 : 3
наружных	1 : 1,5... 1,2	1 : 1,5... 1 : 2	1 : 1,5
Продольный уклон дна канавы, ‰:			
для II и III климатических зон			≤ 5
для IV и V климатических зон			≤ 3

Примечания: 1. Глубина канав считается от поверхности земли.

2. На водоразделительных участках глубина канав может быть уменьшена до 0,2 м.

3. На болотах, речных поймах и в других случаях затрудненного водоотвода допускается уклон 2‰.

4. В остальных грунтах продольные каналы могут иметь иные очертания и размеры в соответствии с допускаемой скоростью течения воды.

При дренирующих грунтах с коэффициентом фильтрации более 1 м/сут. в климатических зонах с годовым количеством осадков менее 300 мм продольные каналы можно не устраивать. Углублять продольные каналы до водоносного слоя запрещается, за исключением случаев, когда они служат для перехвата грунтовых вод.



Водоотводные каналы используются для пропуска воды из пониженных мест и логов к искусственным сооружениям и для отвода воды из кюветов, резервов, нагорных и осушительных канав, от искусственных сооружений с заглубленным руслом и др. Размеры канав определяются по расходу воды: с вероятностью превышения 1 : 20 — на магистралях и 1 : 10 — на ветках и других дорогах, не имеющих выраженного грузооборота, но они должны быть не менее величин, указанных в табл. 3.19.

Табл. 3.19. Очертание и размеры водоотводных канав

Показатели	Очертания и размеры
Очертание канавы	Трапецидальное
Глубина канавы не менее, м:	
на магистрали	0,6
на ветках	0,5
Крутизна откосов:	
во всех грунтах	1 : 1,5
в скальных	1 : 1
Возвышение низовой бровки над уровнем грунтовых вод не менее чем на, м	0,15
Продольный уклон дна канавы, ‰	5

Примечания. 1. При затрудненном водоотводе продольный уклон дна канавы может быть уменьшен до 2‰.

2. На болотах водоотводные каналы устраивают в соответствии с указаниями для осушительных канав.

К ю в е т ы служат для сбора и отвода поверхностных вод с выемок и полувыемок. С нагорной стороны они отводят воду в лог, резерв или водоотводящую канаву, а с подгорной — в пониженные места. Очертание и размеры кюветов в зависимости от вида грунта приведены в табл. 3.20.

Н а г о р н ы е к а н а в ы применяются для перехвата и отвода поверхностных вод, притекающих к земляному полотну с прилегающего бассейна. Их устраивают вдоль выемок и полувыемок при наличии поперечного уклона местности к дороге. Размеры поперечных сечений нагорных канав устраиваются на основе гидравлических расчетов, но должны быть не менее указанных в табл. 3.21.

О с у ш и т е л ь н ы е к а н а в ы служат для осушения болот, пересекаемых дорогой. Они устраиваются с обеих сторон земляного полотна на расстоянии 5...10 м от подошвы откоса насыпи. Размеры и уклоны осушительных и водоотводных канав на болотах принимаются по табл. 3.22.

В о д о о т в о д н ы е д е р е в ь я н н ы е л о т к и применяют на временных дорогах при невозможности или нецелесообразности расширить выемку; при слабых, малоустойчивых и оплывающих грунтах, не способных держать откосы; при понижении уровня грунтовых вод или перехвата и отвода вод; при невозможности пропускать расчетный расход вод по обычному кювету, для осушения земляного полотна и т. д.

Табл. 3.20. Очертания и размеры кюветов

Показатели	Гравелистый песок, гравий	Песок, супесь и пылеватый песок	Суглинок, глина и пылеватый грунт
Очертание кювета	Треугольное		Трапецидальное
Глубина кювета, м:			
для II и III климатических зон	0,3	0,6	0,8
для IV и V климатических зон	0,3	0,5	0,6
Ширина по дну, м	—	—	0,4
Крутизна откосов:			
внутренних	1:3	1:3	1:1,5
наружных	1:1,5	1:1,5	1:1,5

Примечания: 1. Кюветам придают продольный уклон, равный уклону земляного полотна, но не менее  $3 \dots 5\text{‰}$ .

2. На водораздельных участках глубина кюветов может быть уменьшена до 0,2 м.

3. В скальных грунтах очертание кювета принимается в соответствии с допускаемой скоростью течения воды.

4. Трапецидальные кюветы принимают только при значительном их протяжении, больших расходах воды и высоком уровне грунтовых вод.

Табл. 3.21. Наименьшие размеры нагорных канав

Показатели	Магистраль	Ветка
Очертание канавы	Трапецидальное	
Глубина канавы, м	0,6	0,5
Ширина канавы по дну, м	0,6	0,5
Продольный уклон, $\text{‰}$	3	3
Крутизна откосов:		
во всех грунтах	1:1,5	1:1,5
в скальных	1:0,2	1:0,2
Удаление бровки нагорных канав от бровки выемки, м	5	3

Примечания: 1. Продольный уклон нагорных канав в исключительных случаях допускается уменьшить до  $2\text{‰}$ .

2. При отсутствии кавальера между выемкой и напорной канавой банкеты назначаются вне зависимости от крутизны косогоора.

По конструкции деревянные лотки бывают свайные и рамные. Свайные применяют в неустойчивых грунтах, а рамные — при невозможности забивать сваи в грунт. Глубина деревянных лотков назначается в соответствии с глубиной залегания водоупора или с требуемой величиной понижения уровня грунтовых вод; ширина — в зависимости от его глубины и расчетного расхода воды.

Обычно размеры лотка в свету составляют: глубина — 1 м; ширина — 0,5 м. Продольный уклон тот же, что и для кюветов. Дно лотка при необходимости укрепляется в соответствии со скоростью

Табл. 3.22. Размеры осушительных и водоотводных канав на болотах

Показатели	Размеры
1	2
Глубина канавы, м:	
при мощности торфа менее 1 м	< 0,5 м
при мощности торфа более 1 м	1,0 м
Ширина канавы по дну, м	< 0,6 м
Крутизна откоса в торфах с ненарушенной структурой	1:1
Продольный уклон канавы	2°/∞

Примечания: 1. Продольный уклон осушительных и водоотводных канав в исключительных случаях может быть уменьшен до 1°/∞.

2. На болотах, содержащих под поверхностной коркой жидкий торф, устраивать осушительные канавы не допускается.

течения воды. В стенках лотка выше слоя гидроизоляции делают дренажные отверстия для сброса воды.

Дренажи-преградители преграждают доступ воде в земляное полотно из водоносного слоя, выклинивающегося на склоне при переходе из выемки в насыпь. Располагаются поперек земляного полотна в нулевом месте с заглублением дна траншеи на 0,7 м. Ширина дренажной траншеи 1,3 м, уклон дна — не менее 10‰. Со стороны насыпи устраивают экран из мятой жирной глины на 0,3 м выше УГВ (не пониженного) (рис. 3.23).

Ограждающие дренажи ограждают земляное полотно от грунтовых вод, поступающих из водоносных слоев. Устраивают их вдоль земляного полотна насыпи или выемки. Основные данные по ограждающему дренажу приведены в табл. 3.23.

В качестве дрен могут служить гончарные, бетонные, пластмассовые и деревянные трубы. Деревянные трубы изготавливаются из антисептированных досок сечением 200 × 25 мм. Дренажные трубы укладывают на слой щебня или гравия и засыпают фильтрующим материалом на 0,2 м выше

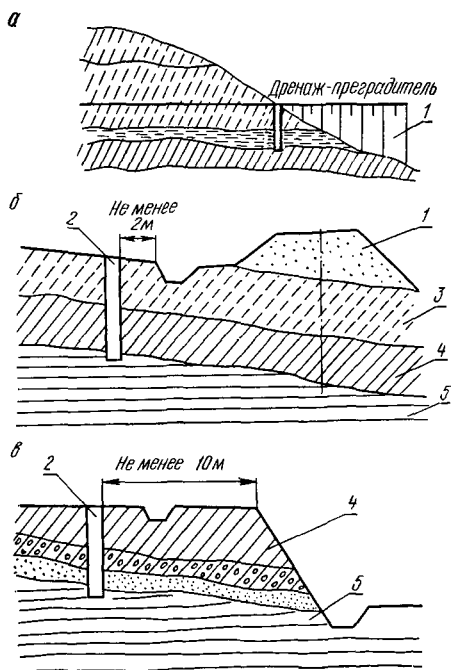


Рис. 3.23. Дренаж-преградитель:

а — на переходе дороги из выемки в насыпь; б — боковой ограждающий дренаж для насыпи; в — боковой ограждающий дренаж для выемки; 1 — насыпь; 2 — ограждающий дренаж; 3 — сусль пылеватая; 4 — суглинок; 5 — глина

естественного УГВ (не пониженного). Потом укладывают слой дер-  
га или мха и засыпают грунтом.

Подкюветный дренаж устраивают для перехвата или  
понижения УГВ в основной площадке земляного полотна (рис. 3.24).  
азличают совершенный и несовершенный дренаж. Совершенный  
ренаж используется при неглубоком залегании водоупора (менее  
м, считая от бровки земляного полотна) с полным перехватом  
унтового потока, несовершенный — при глубоком залегании водо-

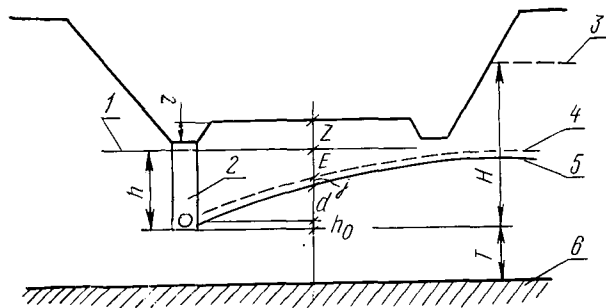


Рис. 3. 24. Подкюветный дренаж:

1 — уровень промерзания грунта; 2 — дренаж; 3 — уровень гра-  
витационных вод до понижения; 4 — кривая капиллярного подь-  
ема; 5 — кривая депрессий грунтовых вод; 6 — водоупор

упора (более 4 м). Дно несовершенного дренажа находится выше  
одоупорного слоя.

Глубина заложения совершенного дренажа определяется глуби-  
ной заложения водоупора, при этом глубина дренажа должна быть  
не менее глубины максимального промерзания грунта плюс 0,3 м.  
Глубина заложения несовершенного дренажа для понижения УГВ  
пределяется расчетом, исходя из водонепроницаемых свойств дре-  
нирующих грунтов и климатических условий, и может быть найдена  
по формуле

$$h = Z + E + j + d + h_0 - r,$$

где  $Z$  — глубина промерзания грунта, м;  $E$  — расстояние от грани-  
цы промерзания до кривой капиллярного подъема (в расчетах мож-  
но принять 0,25...0,3 м);  $j$  — высота капиллярного подъема воды от

Табл. 3. 23. Размеры и технические нормативы ограждающего дренажа

Показатели	Нормативы (размеры)
Наименьшее расстояние дренажа, м:	
от бровки выемки	10
от подошвы насыпи или внешней бровки канавы	2
Ширина дренажной траншеи, м:	
при глубине дренажа до 2 м	1
при глубине дренажа более 2 м	1 ... 1,5
Уклон дренажа, ‰	2 ... 5

уровня кривой депрессии, м;  $d$  — высота кривой депрессии по оси дороги, м;  $h_0$  — см. рис. 3.24;  $r$  — глубина кювета, м.

Расстояние от отметки уровня грунтовых вод до границы заложения дренажа

$$H = h + r + (H_{у.г.в} - H_{з.п.}),$$

где  $H_{у.г.в}$  — отметка уровня грунтовых вод до их понижения, м;  $H_{з.п.}$  — отметка бровки земляного полотна, м.

Расстояние от границы заложения дренажа до границы водопора

$$T = (H_{у.г.в} - H_{в.у} - H),$$

где  $H_{в.у}$  — отметка водоупора, м.

Если глубина заложения подкюветного дренажа меньше мощности водоносного слоя  $T$ , проектируемый дренаж будет несовершенным.

Ширина дренажа при ручной разработке траншеи: при глубине дренажа до 2 м — 0,8...1 м; при глубине дренажа от 2 м и более — 1...1,5 м.

З а к ю в е т н ы й д р е н а ж устраивается при соответствующем технико-экономическом обосновании. Из подкюветного или закюветного дренажей должен быть свободный выпуск воды в лощины, водотоки и другие пониженные места.

Выход дренажа должен располагаться выше уровня вод водоотводных канав, а также предохраняться от промерзания. Для этого верх траншеи утепляется присыпкой из местного грунта. Оголовки дренажа устраивают из бутовой кладки на растворе шириной 0,8 м, глубиной (от дна трубы) 1 м и высотой (от дна трубы) 0,85 м. Дно и откосы открытой канавы, в которую выпускается вода из дрена, укрепляют одиночным мощением на протяжении 2 м.

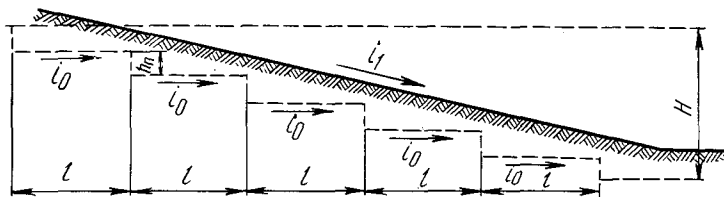


Рис. 3.25. Схема продольного профиля боковой дорожной канавы с перепадами

П е р е п а д ы устраивают при больших (больше критического) продольных уклонах кюветов и канав (рис. 3.25). Как правило, они вписываются в продольный профиль склона, т. е. отношение высоты ступени перепада к ее длине должно примерно равняться уклону склона. Высота перепада принимается равной 0,3...0,5 м, а поперечное сечение — трапецидальным. В зависимости от расчетной скорости течения воды перепады устраивают каменные и бутобетонные.

Расстояние между перепадами (рис. 3.25) определяется по формуле

$$l = \frac{h_{\text{п}}}{i_1 - i_0}, \quad (3.6)$$

где  $h_{\text{п}}$  — высота перепада, м;  $i_1$  — уклон местности;  $i_0$  — максимально допустимый по условиям размыва грунта уклон канавы.

Из формулы (3.6) можно определить  $h_{\text{п}}$ , задавшись значением  $l$ . Количество перепадов, которое необходимо устроить на участке длиной  $L$  при разности отметок  $H$ , определяется из выражения

$$n = \frac{H - i_0 L}{h_{\text{п}}}$$

или

$$n = \frac{H + i_0 l}{h_{\text{п}} + i_0 l}.$$

Элементы конструкций перепадов определяются статическими и гидравлическими расчетами, инженерно-геологическими условиями и наличием местных строительных материалов. Гидравлический расчет перепадов приведен в «Методических указаниях по проектированию водоотводных устройств на лесовозных дорогах».

### 3.7.1. Гидравлический расчет параметров водоотводных канав

Прежде чем приступить к гидравлическому расчету параметров водоотводных канав, определяют количество воды, притекающее к ним. Для этого все протяженные канавы разбивают на участки длиной 100...200 м (рис. 3.26) и для каждого участка находят расчетный максимальный приток воды по формуле ЦИС МПС

$$Q_{\text{D}} = C_{\text{K}} k \alpha F^{3/4},$$

где  $C_{\text{K}}$  — климатический коэффициент, равный 0,85...1,2 м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> · с;  $k$  — коэффициент, учитывающий рельеф местности. Для равнинной местности  $k=10$ , холмистой — 15, горной — 20...25;  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий впитываемость грунтов: для песчаных —

Рис. 3.26. Схема накопления воды для расчета канав:  $F_1, F_2, F_3, F_4$  — части площади бассейна;  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$  — соответствующие расходы воды

$\alpha=0,5$ , супесчаных — 0,8, суглинистых — 1,0 и глинистых — 1,3;  $F$  — площадь бассейна, км<sup>2</sup>.

Зная расчетный максимальный приток воды к канаве, определяют ее основные параметры, используя при этом чаще всего два случая (две задачи).

1. По заданному расходу  $Q$  и уклону дна канавы  $i$  необходимо определить другие параметры проектируемого русла.

2. По известным геометрическим параметрам существующего русла найти допустимую величину расхода  $Q$ , который может пропустить данное русло, и среднюю скорость потока  $v$ .

Гидравлический расчет геометрических параметров водоотводных канав, кюветов и лотков при заданном расчетном расходе и продольном уклоне — *задача первого типа*. Гидравлически самым выгодным поперечным сечением водоотводного русла будет такое, которое при заданном расходе и продольном уклоне дна имеет наименьшую площадь живого сечения потока.

Из равновеликих геометрических фигур этому условию ближе всего отвечает полукруг. Но на практике открытым руслам чаще всего придаются трапециевидальная и треугольная формы.

Гидравлически наивыгоднейшее живое сечение русла характеризуется коэффициентом русла, который равен отношению ширины русла (канавы) по дну  $b$  к глубине потока в ней  $h$ , и может быть принято по формуле

$$\beta = \frac{b}{h}. \quad (3.7)$$

При заданном расходе и уклоне расчет ведут методом постепенного приближения.

1. С учетом типа грунта и изложенного выше принимают крутизну откосов водоотводной канавы и соответственно устанавливают коэффициент заложения  $m$  (при прямоугольном сечении  $m=0$ ).

2. Задаются шириной водоотводной канавы по дну  $b$  с учетом заданного расхода  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) и типа канавы (кювет, водоотводная, нагорная канавы, лоток и т. д.).

3. При принятом коэффициенте заложения  $m$  находят значение коэффициента русла  $\beta$ :

коэффициент откоса $m$	0	0,5	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5
значение $\beta$	2	1,236	0,828	0,702	0,606	0,539	0,472	0,424	0,385

Коэффициент откоса  $m=H/l$ , где  $H$  — высота откоса;  $l$  — заложение.

По формуле (3.7) определяют глубину потока  $h$ . Так поступают при расчете наивыгоднейшего гидравлического сечения, а вообще глубиной потока  $h$  обычно задаются.

4. По принятым  $b$  и  $h$  определяют площадь живого сечения русла  $\omega$ :

$$\text{при трапециевидальной форме } \omega = bh + mh^2 \text{ м}^2; \quad (3.8)$$

$$\text{при треугольной форме } \omega = h^2 \left( \frac{m_1 + m_2}{2} \right) \text{ м}^2, \quad (3.9)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  — соответственно заложение внутреннего и наружного откосов.

5. Определяют смоченный периметр живого сечения:

$$\text{при трапецидальном сечении } p = b + 2h \sqrt{1 + m^2} \text{ м;} \quad (3.10)$$

$$\text{при треугольном сечении } p = h (\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2}) \text{ м.} \quad (3.11)$$

6. Определяют гидравлический радиус живого сечения

$$R = \frac{\omega}{p} \text{ м.} \quad (3.12)$$

7. Находят среднюю скорость потока

$$v = C \sqrt{Ri} \text{ м/с,} \quad (3.13)$$

где  $C$  — скоростной коэффициент (коэффициент Шези), определяемый по формуле Н. Н. Павловского;  $R$  — гидравлический радиус живого сечения, м;  $i$  — уклон канавы.

8. Определяют расход потока по формуле  $Q = \omega v$  и сравнивают его с заданным расходом. При значительных расхождениях производится приближение до тех пор, пока определенный расход не будет отличаться от заданного не более чем на 5%.

9. Определяют полную глубину канавы

$$H_k = h + \Delta h,$$

где  $\Delta h$  — допускаемое минимальное возвышение низовой бровки канавы над уровнем расчетного горизонта воды, м (принимается равным 0,15).

Определение допустимого расхода  $Q$ , пропускаемого руслом, имеющим заданные характеристики  $b$ ,  $H_k$ ,  $m$ ,  $n$ ,  $i$  — задача второго типа.

Расчет ведут в следующем порядке.

1. Определяют глубину потока  $h = H_k - \Delta h$  м.

2. Определяют площадь живого сечения потока, его смоченный периметр и гидравлический радиус по формулам (3.8)...(3.12).

3. Производят расчет средней скорости потока по формуле (3.13).

4. Находят величину расхода, пропускаемого существующим руслом:  $Q = \omega v$ .

Если при расчете получится скорость потока, приводящая к размыву русла, и ее невозможно уменьшить, производят укрепление русла. Тип укрепления выбирают в зависимости от скорости течения потока, расхода воды, вида грунта, наличия местных материалов, возможности механизированного способа строительства, удобств содержания, ремонта и т. д.

### 3.8. Дорожные одежды

**Общие сведения.** *Дорожная одежда* — элемент дорожной конструкции с ровной и прочной поверхностью, предназначенный для обеспечения движения автомобилей с расчетной скоростью. Она состоит из слоев различного назначения, неразрывно связанных с зем-



льным полотном, на которое передается нагрузка от подвижного состава. Поэтому при проектировании и расчете дорожную одежду необходимо рассматривать в комплексе с земляным полотном. Дорожные одежды в зависимости от свойств материалов, из которых они устроены, делятся на две группы: жесткие и нежесткие.

**Жесткие дорожные одежды** состоят из одного или нескольких слоев, обладают сопротивлением изгибу и модулем упругости, не зависящим от водно-теплового режима. Это одежды с цементно-бетонными покрытиями, с деревянными колесопадами.

К нежестким дорожным одеждам относятся одежды, у которых сопротивление изгибу и модуль упругости слоев зависят от водно-теплового режима. Это одежды из каменных материалов и грунтов, обработанных органическими вяжущими или малыми дозами минерального вяжущего, а также одежды из материалов, не обработанных вяжущими.

В зависимости от количества конструктивных слоев дорожные одежды разделяются на многослойные и однослойные. В многослойной дорожной одежде различают следующие конструктивные слои: покрытие, основание, подстилающий слой.

**Покрытие** — верхний наиболее прочный слой одежды, воспринимающий усилия от колес подвижного состава, а также хорошо сопротивляющийся истирающим и ударным нагрузкам и воздействию природных факторов.

**Основание** — несущая часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием передачу и распределение давления от подвижной нагрузки на дополнительные слои основания или на грунт земляного полотна. Основание устраивают из одного, двух и более конструктивных слоев, причем верхние слои делают из более прочных материалов.

**Подстилающий слой (грунт)** — уплотненные верхние слои земляного полотна, на которые укладывают дорожную одежду. Некоторые конструкции одежд могут состоять только из одного слоя, например гравийные. В этом случае он выполняет роль и покрытия, и основания.

**Классификация дорожных одежд.** Подразделение типов дорожных покрытий по степени совершенства приведено в табл. 3.24.

В лесной промышленности на дорогах применяются преимущественно переходные и низшие типы покрытий.

**Основные типы поперечных профилей дорожных одежд.** В зависимости от технологии строительства и применяемых материалов различают следующие основные типы поперечных профилей дорожных одежд (рис. 3.27): серповидный, корытный, полукорытный и полосный (колейный).

Выбор типа определяется технико-экономическими расчетами. При этом должны быть уточнены стоимости как покрытия, так и укрепления обочин при корытном профиле.

Для отвода воды при выпадении осадков проезжей части дороги придают поперечные уклоны (табл. 3.25).

Табл. 3.24. Типы дорожных покрытий

Тип покрытий	Наименование покрытий	Категория дороги, на которой допускается применение данного типа покрытия
Усовершенствованные: капитальные	Цементно-бетонные (монолитные и сборные). Асфальтобетонные, укладываемые в горячем и теплом состоянии. Из прочных щебеночных материалов подобранного состава, обработанных в смесителе вязкими битумами или дегтями. Мостовые из брусчатки и на каменном или бетонном основании	I
Облегченные	Из щебеночных и гравийных материалов, обработанных органическими вяжущими. Из холодного асфальтобетона. Из грунта, обработанного в установке вязкими битумами	I ... II
Переходные	Щебеночные, грунтощебеночные, гравийные, шлаковые, колежные из сборного железобетона, пластобетона, асфальтобетона и др.	I ... III и ветки
Низшие	Из грунтов, обработанных жидкими органическими вяжущими Грунтовые, укрепленные различными местными материалами. Грунтогравийные Грунтовые оптимальные  Деревянно-грунтовые	I ... III, ветки и прочие III, ветки и прочие Ветки, усы и прочие III, ветки и прочие

Табл. 3.25. Поперечные уклоны проезжей части

Наименование покрытий	Поперечные уклоны на дорогах, %	
	с двумя полосами движения	с одной полосой движения
Гравийные, щебеночные, обработанные вяжущим	20 ... 30	—
Гравийные, щебеночные, грунтощебеночные без обработки	30 ... 40	50 ... 60
Из грунта, обработанного вяжущими	20 ... 30	30 ... 40

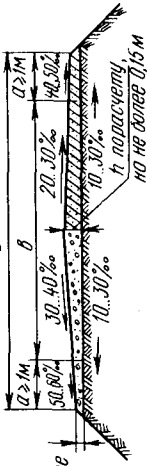
Примечание. Поперечные уклоны обочин шириной 1 м и более принимаются на 20 ‰ больше уклонов проезжей части, а для обочин менее 1 м — равными поперечному уклону проезжей части.

**Гравийные дорожные одежды.** На лесовозных дорогах гравийные одежды, как правило, проектируются по принципу плотной оптимальной смеси (см. табл. 3.32), но могут устраиваться из естественного гравийного материала. В зависимости от толщины они про-

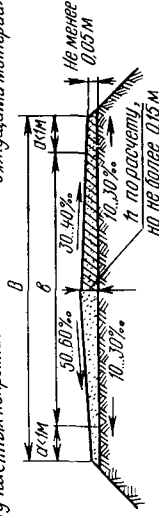
### 1. Серповидный профиль

**а** на дорогах с шириной обочины  $\geq 1\text{ м}$

Для гравийных, гравито-щебенистых, гравитогравийных и гравитовых улучшенных покрытий



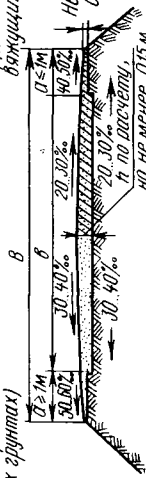
Для покрытий из грунтобетонных, цементобетонных и асфальтобетонных улучшенных покрытий



Для покрытий из грунтобетонных, цементобетонных и асфальтобетонных улучшенных покрытий

### 2. Полукорытный профиль

Для гравийных покрытий (при односторонних грунтах)

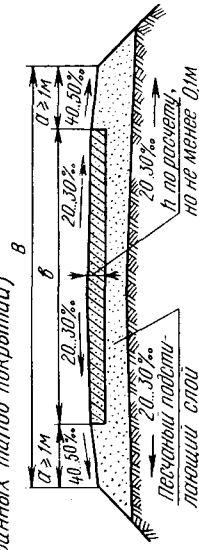
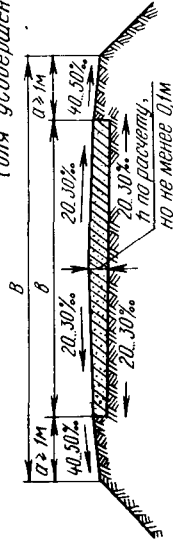


Для покрытий из грунтобетонных, цементобетонных и асфальтобетонных улучшенных покрытий (при любых грунтах)



### 3. Корытный профиль

при дренажных грунтах земляного полотна (для усовершенствованных типов покрытий)



Примечания: 1. Число, типы и толщина конструктивных слоев устанавливаются по расчету.  
2. На покрытиях из грунтобетонных, цементобетонных и асфальтобетонных улучшенных покрытий обязательно устройство поверхностной обработки

Рис. 3.27. Типовые поперечные профили дорожных одежд автомобильных лесовозных дорог

ектируются в один, два или три слоя. Толщина одного слоя 13...15 см.

Гравийные дорожные одежды на лесовозных дорогах обычно устраиваются серповидного профиля.

Основания необходимы водопроницаемые, поэтому оптимальные смеси для оснований и подстилающих слоев должны содержать минимум мелких частиц. Если карьерный гравийный материал не имеет оптимального состава, его улучшают отгорткой излишних крупных или мелких фракций или добавкой мелкозема.

Подбирая гравийный материал для дорожных покрытий, встречаются следующие случаи.

1. В карьерном материале имеются в избытке фракции недопустимо крупных размеров, но после отделения которых может быть получена оптимальная смесь.

2. Имеются два карьера с различными гравийными материалами и путем смешения их можно получить оптимальную смесь.

3. В карьерном материале недостает мелких фракций — мелкозема, при введении которого можно получить оптимальную смесь.

Подбор гравийных оптимальных смесей ведут по кривым (плотных) оптимальных смесей (рис. 3.28). Для их построения на оси абсцисс откладывают диаметр зерен в логарифмическом масштабе. Принимая начало координат за размер наибольшего (наименьшего) зерна  $d_1$ , получают абсциссу  $x$  для любого меньшего (большого) диаметра  $d_i$ :

$$x = 3,32 \lg \frac{d_1}{d_i}.$$

По этому масштабу вычисляют все абсциссы. Ординаты для построения предельной кривой берут из таблиц оптимальных смесей (см. табл. 3.33), в результате получают площадь, показанную на рис. 3.28 (заштрихована), которая соответствует составу оптимальной смеси.

Далее определяют гранулометрический состав карьерного гравия, наносят его на график и, соединяя точки, получают кривую. Если она располагается внутри контура, материал соответствует требованиям оптимальной смеси. Если местами выходит за пределы контура, в материале имеется диспропорция между отдельными фракциями.

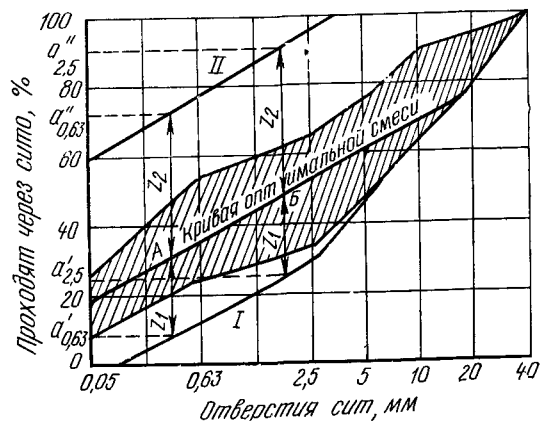


Рис. 3.28. Кривые оптимальных смесей

Подбирая гравийный материал для дорожных покрытий, встречаются следующие случаи.

1. В карьерном материале имеются в избытке фракции недопустимо крупных размеров, но после отделения которых может быть получена оптимальная смесь.

2. Имеются два карьера с различными гравийными материалами и путем смешения их можно получить оптимальную смесь.

3. В карьерном материале недостает мелких фракций — мелкозема, при введении которого можно получить оптимальную смесь.

Подбор гравийных оптимальных смесей ведут по кривым (плотных) оптимальных смесей (рис. 3.28). Для их построения на оси абсцисс откладывают диаметр зерен в логарифмическом масштабе. Принимая начало координат за размер наибольшего (наименьшего) зерна  $d_1$ , получают абсциссу  $x$  для любого меньшего (большого) диаметра  $d_i$ :

$$x = 3,32 \lg \frac{d_1}{d_i}.$$

По этому масштабу вычисляют все абсциссы. Ординаты для построения предельной кривой берут из таблиц оптимальных смесей (см. табл. 3.33), в результате получают площадь, показанную на рис. 3.28 (заштрихована), которая соответствует составу оптимальной смеси.

Далее определяют гранулометрический состав карьерного гравия, наносят его на график и, соединяя точки, получают кривую. Если она располагается внутри контура, материал соответствует требованиям оптимальной смеси. Если местами выходит за пределы контура, в материале имеется диспропорция между отдельными фракциями.

Так, если кривая выходит вниз в начале графика, в материале недостаточно мелких фракций (необходимо добавить мелкозема), в середине — недостаточно песчано-гравийных, в конце — избыток крупных фракций (требуется отгрохотка).

Если кривая выходит за пределы верхней линии контура в начале абсциссы, в материале избыток мелкозема, в середине — избыток песчано-гравийных фракций и недостаток крупносkeletalных и мелкозернистых, в конце — недостаточное количество крупных фракций.

Кривая выходит за пределы контура на значительном расстоянии — материал по составу не соответствует требованиям и должен улучшаться введением добавок. Количество добавок определяется следующим образом.

На график (рис. 3.28) наносятся кривые гранулометрического состава смешиваемых материалов (например, гравий кривая I и супесь кривая II). Далее на всех фиксированных абсциссах выделяются разности ординат двух кривых ( $a'' - a'$ ). Отрезки  $a'' - a'$  разделяются в соотношении  $z_1 : z_2$ , чтобы полученные точки по всем ординатам (A, B и т. д.) не выходили за пределы контура рекомендуемых смесей.

Процентное содержание материалов, необходимых для образования оптимальной смеси, обратно пропорционально отрезкам между кривой оптимальной смеси и кривыми исходных материалов, т. е.

$$P_1 = \frac{z_2}{a'' - a'} 100; P_2 = \frac{z_1}{a'' - a'} 100.$$

Потребное количество карьерного материала для постройки 1 км покрытия из оптимальной смеси определяют по формуле

$$Q = bhPk_y \frac{\gamma_{дор}}{\gamma_{кар}},$$

где  $b$  — ширина проезжей части, м;  $h$  — толщина покрытия, м;  $P$  — процент добавок;  $k_y$  — коэффициент уплотнения смеси:  $k_y = 1,1 \dots 1,2$ ;  $\frac{\gamma_{дор}}{\gamma_{кар}}$  — отношение объемных масс дорожного и карьерного материалов. (При добавке песка и гравия принимается 0,90...0,95, а при добавке суглинков — 1,05...1,1.)

Расход гравия на 1 км с учетом поперечного профиля дорожной одежды определяется по формуле

$$Q = bhk_y a,$$

где  $a$  — коэффициент, учитывающий поперечный профиль покрытия: при корытном профиле  $a = 1$ ; при полукорытном — 1,05...0,15; при серповидном — 1,15...1,25.

По прочности и морозостойчивости гравийный материал должен отвечать требованиям СНиП I-Д.2—70.

**Грунтощебеночные покрытия.** При отсутствии на месте строительства дороги гравийного материала используют щебень из до-

менных шлаков, дресву и т. д. Для грунтощебеночных покрытий применяется щебень с временным сопротивлением на сжатие не ниже 30 МПа, содержащий не менее 40% щебеночных частиц. По зерновому составу он должен соответствовать оптимальным смесям, приведенным в табл. 3.32, должен быть не ниже 3...4-го класса прочности с морозостойкостью для II дорожно-климатической зоны  $M_{рз} — 25$ ;  $M_{рз} — 50$  (СНиП I-Д.2—70).

Доменные шлаки для покрытий применяются и кислые, и основные. Покрытия устраиваются серповидного профиля в один или два слоя в зависимости от толщины его и применяемых механизмов для перемешивания грунта со щебнем.

**Дорожные одежды с покрытием или основанием из грунтов, укрепленных вяжущими материалами.** Такие покрытия проектируют при отсутствии в районе строительства гравия или щебня и когда строительство колеиных покрытий из железобетонных плит нецелесообразно. Ограничение применения данных дорог связано с климатическими условиями, а также со значительной потребностью в вяжущих материалах.

Так, по данным проф. Б. А. Ильина, для постройки покрытия из грунтоцемента толщиной 0,20 м и шириной 6 м на 1 км дороги требуется не менее 200 т цемента, 180 м<sup>3</sup> щебня-клинца и 14,5 т битума на поверхностную обработку.

На лесовозных дорогах покрытие и основание можно устраивать из грунтов, укрепленных портландцементом, известью — только основание. Дозировка минерального вяжущего приведена в табл. 3.36. Предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов должен быть не менее 4 МПа для двухполосных магистралей и 2 МПа — для однополосных магистралей и веток.

Для укрепления грунтов органическими вяжущими применяются в основном битум и каменноугольные дегти. Ими лучше всего обрабатывать супеси и легкие суглинки. Расход органического вяжущего приведен в табл. 3.38, 3.41.

Для обработки грунтов также применяют битумные эмульсии, расход которых приведен в табл. 3.38. Для повышения качества минеральных и органических вяжущих вводят различные добавки (известь, жидкое стекло, хлористое железо и т. д.).

**Колеиные покрытия.** Колеиные покрытия на лесовозных автомобильных дорогах устраивают при отсутствии гравийных и других каменных материалов с грузооборотом дороги 150 тыс. м<sup>3</sup> и более, а также используются в качестве переносных покрытий на ветках со сроком действия до 5 лет и усах с гравийным и другими видами покрытий.

Колеиные покрытия из железобетонных плит проектируются в соответствии с типовыми поперечными профилями, приведенными на рис. 3.29, техническая характеристика дорожных плит приведена в табл. 3.26.

В связи с применением на вывозке леса по усам большегрузных автопоездов внедряются сборно-разборные покрытия из щитов ЛВ-11, нагельных щитов и гибких лент ЛД-5.

Колейное покрытие из щитов ЛВ-11 — деревянное покрытие, состоящее из двух колесопроводов, собираемых из отдельных щитов. Щиты соединяются шарнирно, изготавливаются из деревянных двухкантных брусьев толщиной 0,18 м и длиной 6 м или из круглых

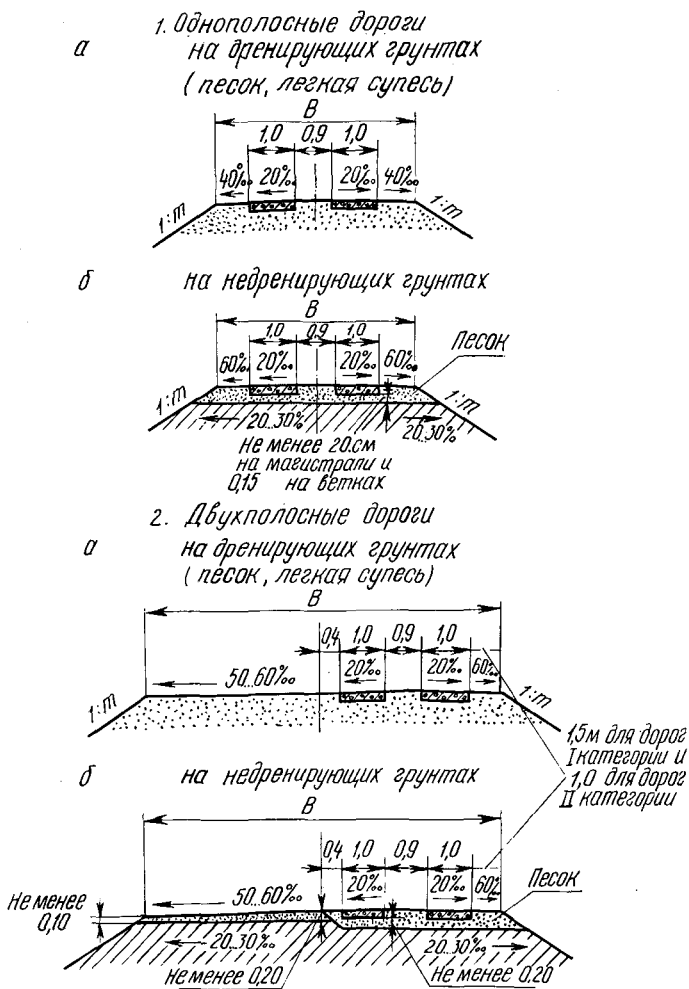


Рис. 3.29. Типовые поперечные профили колеевых покрытий автомобильных лесовозных дорог

лесоматериалов диаметром 0,19...0,22 м. На концы щитов надеты металлические оголовники корытообразного профиля. Брусья в щите соединяют тремя шпильками М20.

Колеевое покрытие из щитов с нагельным креплением, разработанное Коми Гипронилеспромом, представляет собой щит размером 1×6 м, толщиной 0,2 м, собираемый из двухкантных или четырехкантных брусьев, которые соединяются деревянными нагелями.

Табл. 3.26. Техническая характеристика железобетонных дорожных плит

Конструкция	Наименование	Размеры, м	Масса плиты, кг	Расход материала на 1 м <sup>2</sup>		Расход на 1 км дороги
				бетона, м <sup>3</sup>	стали, кг	
МАДИ и ЦНИИМЭ	Ячеистая М-1 (для магистралей)	3×1×0,14	760	0,100	9,8	200
	Ячеистая М-2 (для магистралей)	3×1×0,14	760	0,100	10,4	200
	Ячеистая У-1 (для усов)	2×1×0,14	515	0,102	11,5	204
	Ячеистая МН-1 (для магистралей) предварительно-напряженная	3×1×0,12	650	0,086	7,4	172
ВИА	Ячеистая МН-2 (для магистралей) предварительно-напряженная	6×1×0,12	1230	0,084	6,8	168
	Ячеистая	2,5×1×0,16	760	0,122	10,6	244
	Решетчатая тип I	2,5×1×0,16	725	0,116	11,3	232
	Решетчатая тип II (со шпунтовым стыком)	2,5×1×0,16	800	0,124	12,0	248
Череповецкого железобетонного завода	Плита с предварительно-напряженной арматурой	6×1×0,12	1300	0,088	8,7	176
	ПДЯ-I	2,5×1×0,16	750	0,124	12,0	248
	ПДЯ-II	2,5×1×0,14	680	0,115	11,0	230
	ПДР-I	2,5×1×0,16	700	0,116	13,0	232
	Вариант I	1,75×1×0,14	580	0,128	12,4	256
	Вариант II	1,75×1×0,14	590	0,135	13,8	270
	Вариант III	1,75×1×0,14	590	0,136	12,8	272
	Вариант IV	1,75×1×0,14	600	0,139	21,6	278
	Вариант V	1,75×1×0,14	590	0,136	11,4	272
	ЛТА I	1,5×1×0,13	430	0,110	16,9	220
МАДИ ВАГГ Промтрансстроект	ЛТА II	1,5×1×0,13	430	0,110	13,5	220
	Кессонская плита	1,5×1×0,14	450	0,093	10,4	186
	Плита из керамзитобетона	3×1×0,16	—	0,099	14,0	182
	ПТП I	2,8×1×0,16	—	0,170	9,5	512
Главлесдорстрой БТИ имени С. М. Кирова То же	Вариант I	3×1×0,16	—	0,150	16,0	300
	Плита с предварительно-напряженной арматурой	6×1×0,11	1150	0,08	5,4	154
	Аглопоритобетонная плита	2,5×1×0,16	600	0,12	10,4	—



Деревянные нагеля (восьмигранник, диаметр 75 мм, длина 1 м) изготовляют из брусков второсортной здоровой древесины воздушно-сухого состояния. Расстояние от торцов щита до первого нагеля составляет 0,5 м, а между нагелями вдоль щита — 1 м. Брусья в щите укладываются в разнокомелицу и скрепляются шестью нагелями, которые запрессовываются заподлицо с боковыми гранями щита (допускается выход не далее 2 см). Для предотвращения вертикального смещения щитов относительно друг друга в стыках предусматривается установка специальной закидной металлической детали.

Ленточное покрытие ЛД-5 — это две гибкие ленты, уложенные в колесопроводы. Каждая лента собирается из отдельных звеньев (щитов), соединенных между собой шарнирно. Ленты связываются в колесопроводы через 14 щитов соединительным щитом, который обеспечивает устойчивость покрытия и фиксирует межколейное расстояние. Основные звенья (щиты) размером 0,12×0,7×1,1 м собирают из четырехкантных брусьев сечением 0,12×0,16 м и длиной 1,1 м. Брусья в щит соединяют двумя металлическими хомутами, к концам которых приваривают кронштейны с отверстиями под палец для шарнирного соединения щитов в ленту. В ленте щиты лежат так, чтобы движение происходило перпендикулярно брусьям щита. Соединительный щит собирают из брусьев размером 0,12×0,16×3 м.

Техническая характеристика сборно-разборных покрытий, рекомендованных Минлеспромом СССР для внедрения, приведена в табл. 3.27.

Табл. 3.27. Техническая характеристика деревянных покрытий

Показатели	Тип покрытия		
	щиты ЛВ-11	нагельные щиты	гибкие ленты ЛД-5
Размеры щита, м:			
длина	6,1	6,0	0,7
толщина	0,18	0,20	0,12
ширина	1,1	1,0	1,1
Число щитов на 1 км дороги, шт.:			
основных	328	334	2666
соединительных	—	—	96
Расход древесины (бруса) на 1 км дороги, м <sup>3</sup>	345	371	248
Расход металла на 1 км дороги, т	13	4,4	27,5
Вес одного щита, кН	7,5 ... 8,0	7,5 ... 8,0	6,0
Количество перекладок	Более 10	8	10

На двухполосных лесовозных дорогах колейное покрытие из плит (железобетонных, ЛВ-11, ЛД-5 и т. д.) проектируется, как правило, только для грузовой полосы движения.

При дренирующих грунтах земляного полотна, а также грунтах земляного полотна, соответствующих оптимальным грунтовым смесям, полоса для движения порожних автопоездов проектируется без

покрытия, а при недренирующих — с гравийным, грунтогравийным покрытием, в отдельных случаях с покрытием из песчано-глинистой оптимальной смеси.

На разъездах однополосных дорог устраивается дорога из плит или производится улучшение земляного полотна добавками гравия, щебня, песка.

**Деревянно-грунтовые покрытия.** Такие покрытия представляют два колесопротока из хлыстов или бревен, уложенных на поперечины длиной 3,5 м и засыпанных слоем грунта толщиной 0,1...0,15 м. Для засыпки должен применяться грунт, по составу близкий к оптимальному. Применение суглинков с числом пластичности более 10...12 не допускается, их необходимо улучшать крупнозернистыми добавками.

Для устройства деревянно-грунтовых покрытий применяется хвойная и лиственная древесина. Ширина колесопротоков должна быть не менее 0,8...1,0 м.

Таким образом, для одних и тех же условий могут быть применены различные типы дорожных конструкций.

Для выбора наиболее экономичной дорожной одежды производят сравнение двух-трех конкурентоспособных вариантов с учетом требований автомобильного движения, местных условий, наличия дорожно-строительных материалов, промышленных методов строительства и т. д. При этом можно пользоваться формулой проф. Б. А. Ильина, из которой следует, что применение более дорогой дорожной одежды ( $S_1 > S_2$ ), но с лучшими эксплуатационными показателями (т. е. при  $q_1 < q_2$  и  $B'_{\text{пут}} < B''_{\text{пут}}$ ) будет выгодным; если

$$S_1 \leq S_2 + \frac{Q(q_2 - q_1) + (B'_{\text{пут}} - B''_{\text{пут}})L\beta}{1000(E_n \lambda_{\text{от.к}} + 0,01n\beta) bL} \text{ руб/м}^3, \quad (3.14)$$

где  $S_1, S_2$  — соответственно стоимость постройки 1 м<sup>2</sup> одежды для первого и второго вариантов, руб/м<sup>2</sup>;  $Q$  — годовой грузооборот дороги;  $q_1 = \frac{M_1}{P_1}$ ;  $q_2 = \frac{M_2}{P_2}$  — соответственно величины, учитывающие транспортные расходы;  $M_1, M_2$  — полная стоимость машино-смены автопоезда, включая зарплату водителя, начисления, накладные и общезаводские расходы, соответственно для автопоездов I и II вариантов, руб.;  $P_1, P_2$  — производительность лесовозных автомобилей I и II вариантов, м<sup>3</sup>/смену;  $B'_{\text{пут}}, B''_{\text{пут}}$  — затраты на эксплуатацию и содержание в исправности 1 км дороги соответственно для I и II вариантов;  $L$  — строительная длина дороги, км;  $\beta$  — коэффициент приведения:  $\beta = 0,2 \dots 0,3$ ;  $E_n$  — нормативный коэффициент сравнительной эффективности:  $E_n = 0,12$ ;  $\lambda_{\text{от.к}}$  — коэффициент учета отдаленности капитальных вложений в последующие очереди строительства:  $\lambda_{\text{от.к}} = 0,22 \dots 0,27$ ;  $n$  — размер амортизационных отчислений, %;  $b$  — ширина одежды, м.

Из формулы (3.14) видно, что с увеличением грузооборота дороги  $Q$  и строительной длины дороги  $L$  целесообразно применять более дорогой тип дорожной одежды с лучшими эксплуатационными качествами.

### 3.9. Расчет и проектирование нежестких дорожных одежд

**Общие положения.** Проектирование дорожной одежды заключается в установлении оптимального количества слоев, определении расчетных характеристик материалов, расчете и технико-экономическом анализе выбранных конструкций. При проектировании одежды следует учитывать категорию дороги, состав и перспективную интенсивность движения автопоездов, климатические и гидрологические условия местности, наличие дорожно-строительных материалов, особенности устройства отдельных слоев и дорожной одежды в целом.

Конструкции дорожной одежды разрабатывают для участков с одинаковыми расчетными значениями модулей упругости (деформации) грунтов земляного полотна. Для каждого участка намечают сначала конструктивную схему одежды с покрытием заданного типа, причем толщина отдельных слоев конструкции должна быть достаточной для обеспечения необходимого формирования слоя и его надежной работы. Толщина слоя колеблется от 0,05 до 0,15 м.

Материалы в конструкции дорожной одежды должны располагаться по убывающей прочности в соответствии с затуханием по глубине напряжений от временной нагрузки, т. е. необходимо стремиться обеспечить плавный переход от жестких верхних слоев одежды к нижним — менее жестким.

При этом отношение модулей упругости смежных слоев из слабосвязных материалов не должно превышать 5...6 или модулей деформации 1,5...3.

Расчет нежестких дорожных одежд заключается в определении необходимой ее толщины в целом или отдельных слоев с учетом заданных условий движения, климатических, грунтовых и гидрологических условий местности. Одежды с усовершенствованными капитальными и облегченными типами покрытий должны проектироваться без накопления, а переходного типа — с некоторым накоплением остаточных деформаций под действием автомобильного транспорта.

В районах с холодным и влажным климатом одежды с усовершенствованными покрытиями должны быть рассчитаны также на морозоустойчивость с обеспечением отвода воды путем устройства дренажных систем.

Расчет ведется по трем критериям прочности: упругому прогибу одежды, ее сопротивлению сдвигу и растяжению при изгибе.

Одежды с покрытиями переходного типа рассчитываются только по величине упругого прогиба. Для расчета гравийных одежд и одежд с покрытиями низшего типа допускается применение старого метода Союздорнии.

Нежесткие дорожные одежды рассчитывают на пропуск наиболее тяжелых автомобилей, обращение которых предусматривается в расчетный период. Расчетный период — время от начала ввода в эксплуатацию дороги после строительства или реконструкции (капитального ремонта) до очередного капитального ремонта дорожной

одежды. Расчетные нагрузки, принимаемые при расчете дорожных одежд в соответствии с ГОСТ 9314—59 и СНиП II-К.3—70, приведены в табл. 3.28.

Табл. 3.28. Расчетные нагрузки для дорог общей сети

Тип транспорта	Наибольшая статическая нагрузка на одиночную ось, кН	Среднее расчетное удельное давление на покрытие, МПа	Площадь контакта колеса, м <sup>2</sup>	Расчетный диаметр следа колеса, м
По ГОСТ 9314—59				
Автомобили:				
группа А	100	0,6	0,0835	0,33
группа Б	60	0,5	0,0600	0,28
По СНиП II-К. 3—70				
Н-10	95	0,55	0,0864	0,33
Н-30	120	0,6	1,0	0,36

Примечания: 1. Нагрузки группы А используют при расчете одежд на автомобильных дорогах I и II категорий общей сети и магистралей лесовозных дорог, а нагрузки группы Б — на дорогах общей сети остальных категорий и лесохозяйственных, если не ожидается появления автомобилей группы А. Под нагрузку Н-30 рассчитывают скоростные дороги и Н-10(Н-30) — проезжую часть улиц и дорог местного значения.

2. В таблице приведены нагрузки на дорогу, передаваемые колесами наиболее нагруженной оси при расстоянии между смежными осями 3 м и бо ее. Если расстояние между осями менее 3 м, для трехосных автомобилей и двухосных респусков нагрузка на ось снижается до 90 кН для автомобилей группы А и до 55 кН для группы Б.

Расчетные параметры основных марок автомобилей принимают по табл. 3.29.

Табл. 3.29. Расчетные параметры основных марок автомобилей

Марки транспортных средств	Статическая наибольшая нагрузка на одиночную ось, кН	Среднее расчетное удельное давление на покрытие, МПа	Расчетный диаметр следа колеса, м
Урал-377	55×2	0,39	0,30
Урал-375 Т	87	0,36	0,55
Урал-355 М	48	0,45	0,26
ЗИЛ-130	69	0,5	0,30
ЗИЛ-131	65	0,47	0,42
ЗИЛ-151	75	0,55	0,25
ЗИЛ-164	61,5	0,44	0,295
ЗИЛ-157	75	0,28	0,293
МАЗ-516	90	0,55	0,33
МАЗ-200	97,6	0,60	0,328
МАЗ-500	100	0,55	0,34
МАЗ-501	83	0,60	0,328
МАЗ-509	88	0,60	0,38
КрАЗ-214	135	0,60	0,33
КрАЗ-255 Л	124	0,39	0,63
КрАЗ-257	93×2	0,55	0,33

**Интенсивность движения** — количество автомобилей, проходящих в сутки по одной наиболее загруженной полосе. Она определяется с учетом движения, которое ожидается к концу расчетного периода: для дорог с усовершенствованным капитальным типом покрытия — 15 лет, облегченным — 10, а для дорог с переходным типом покрытия — 8 лет. Определенная таким образом интенсивность движения носит название *расчетной*. При определении расчетной интенсивности более легкие автомобили приводят к расчетному путем умножения количества двухосных автомобилей с той или иной нагрузкой на заднюю ось на соответствующие коэффициенты, определяемые по табл. 3.30.

Табл. 3.30. Коэффициенты для приведения автомобилей с различными нагрузками на ось к расчетному автомобилю

Расчетный автомобиль	Нагрузка на ось приводимого автомобиля, кН							
	40	60	70	80	95	100	115	120
По ГОСТ 9314—59								
Группа А	0,12	0,1	0,36	0,43	0,68	1,0	—	—
Группа Б	0,20	1,0	—	—	—	—	—	—
По СНиП II-К.3—70								
Н-30	0,01	0,05	0,18	0,22	0,35	0,5	0,8	1,0
Н-10	0,03	0,15	0,55	0,65	1,0	—	—	—

Примечания: 1. При вычислении приведенной интенсивности движения трехосные автомобили принимают за два с соответствующими нагрузками на ось автопоезда — за столько автомобилей, сколько осей в поезде.

2. Для однополосной проезжей части за расчетную принимают приведенную суммарную интенсивность движения в обоих направлениях; для двух- и трехполосной без разделительной полосы — 0,7 от суммарной в обоих направлениях. При четырехполосной проезжей части с разделительной полосой (по обе полосы движения в каждом направлении) — 0,35 от суммарной интенсивности в обоих направлениях, но не более пропускной способности одной полосы.

Приведенную суточную интенсивность движения на автомобильных лесовозных дорогах, используя значения коэффициентов, приведенных в табл. 3.30, определяют по формуле

$$N = \delta \left( \frac{Q_d \sum \alpha k_{np}}{T_d Q_{пол}} + N_{np} k_{np} \right),$$

где  $\delta$  — коэффициент, учитывающий движение по грузовой полосе в порожняковом направлении ( $\delta = 1,05 \dots 1,1$ , большая цифра для однополосных дорог);  $Q_d$  — объем вывозки леса за летне-осенний период, м<sup>3</sup>;  $\sum \alpha$  — количество осей (грузонесущих) в составе поезда;  $k_{np}$  — коэффициент приведения для каждой оси (табл. 3.30);  $T_d$  — продолжительность летне-осеннего периода, дни;  $Q_{пол}$  — полезная нагрузка на автопоезд, м<sup>3</sup>;  $N_{np}$  — суточная интенсивность движения прочего транспорта (хозяйственного, пассажирского и др.).

**Расчет по допускаемому упругому прогибу.** В качестве критерия принимают величину вертикальной деформации (прогиба) дорожной одежды в неблагоприятный по степени увлажнения период года

под нагрузкой от расчетного автомобиля. Расчет ведут в следующем порядке.

1. Уточняется состав движения по дороге и определяется приведенная интенсивность движения так, как описано выше.

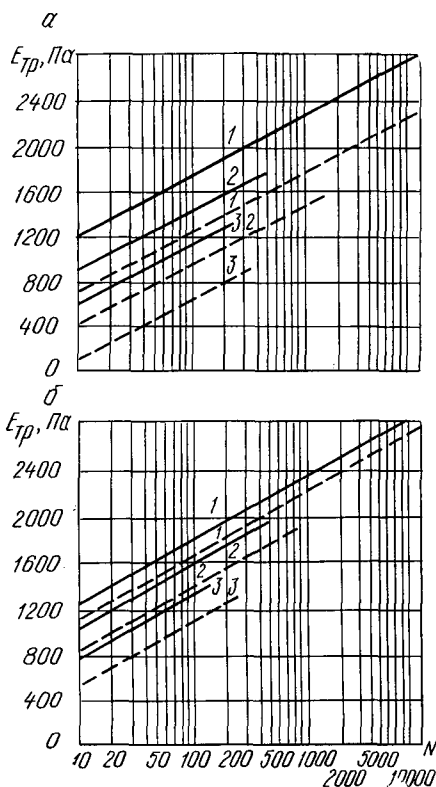


Рис. 3.30. Номограммы для определения требуемого модуля упругости:

*а* — при нагрузках по ГОСТ 9314—59 (— для нагрузки группы А; - - - - для нагрузки группы Б); *б* — при нагрузках Н-30 и Н-10 (— для нагрузок Н-30; - - - - для нагрузок Н-10); 1 — усовершенствованные капитальные покрытия; 2 — усовершенствованные облегченные; 3 — переходные (на оси абсцисс: *а* — интенсивность движения, приведенная к нагрузкам группы А и Б; интенсивность движения, приведенная к нагрузкам Н-30 и Н-10)

или по табл. 3.45 определяется модуль упругости, угол внутреннего трения и сцепления.

6. Для намеченных вариантов дорожной одежды принимается толщина верхнего слоя покрытий. Для материалов, обработанных органическими вяжущими, в зависимости от требуемого модуля упругости  $E_{тр}$  она может быть принята следующей: при  $E_{тр} >$

2. Определяется требуемый модуль упругости дорожной конструкции, который может быть найден по номограммам (рис. 3.30). Однако независимо от полученных данных требуемые модули упругости следует назначать не ниже указанных в табл. 3.31.

Для лесовозных дорог модуль упругости, определенный по номограмме, должен быть увеличен на коэффициент  $k_1 = 1,08$ , учитывающий движение трехосных автомобилей и двухосных роспусков. При работе на дороге автомобилей с односкатными колесами (типа ЗИЛ-130) дополнительно вводится коэффициент  $k_2 = 1,33$ , а для автомобилей типа КрАЗ-255Л коэффициент  $k_2 = 1$ .

3. Назначаются варианты дорожного покрытия с учетом местных условий и наличия строительных материалов в районе строительства. Схема конструкции дорожной одежды показана на рис. 3.31.

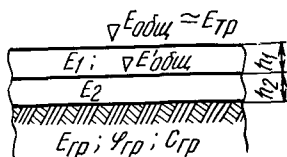
4. Для каждого принятого строительного материала по одной из табл. 3.33; 3.37; 3.40; 3.42 определяют расчетные модули упругости.

5. Дорога разбивается на расчетные участки с однотипными грунтово-гидрологическими условиями и для каждого типа грунта экспериментально

Табл. 3.31. Требуемые модули упругости дорог общей сети

Категория дороги	Количество расчетных автомобилей в сутки на одну полосу		Требуемый модуль упругости для покрытий, МПа		
	Группа А	Группа Б	капитальных	усовершенствованных облегченных	переходного типа
I	500	—	210	—	—
II	150	—	185	150	—
III	70	700	165	135	—
IV	—	250	150	115	85
V	—	100	—	90	65

Рис. 3.31. Расчетная схема многослойной дорожной одежды



$> 200$  МПа толщина слоя  $0,12 \dots 0,15$  м; при  $E_{тр} = 180 \dots 200 - 0,10 \dots 0,12$ ; при  $E_{тр} = 160 \dots 180 - 0,08 \dots 0,10$ ; при  $E_{тр} = 140 \dots 160 - 0,06 \dots 0,08$  м и ниже.

7. Зная требуемый модуль упругости и принятую толщину покрытия, берут отношения  $\frac{E_{тр} \approx E_{общ}}{E_1}$  и  $\frac{h_1}{D}$ , где  $E_{общ}$  — общий модуль упругости дорожной конструкции;  $E_1$  — модуль упругости материала покрытия;  $h_1$  — толщина слоя покрытия;  $D$  — расчетный диаметр следа колеса автомобиля (см. табл. 3.28, 3.29).

8. Имея  $\frac{E_{тр}}{E_1}$  и  $\frac{h_1}{D}$ , по номограмме (рис. 3.32) находят отношение  $\frac{E'_{общ}}{E_1}$ , из которого определяют  $E'_{общ}$  — общий модуль упругости на верхней границе основания (см. рис. 3.31).

9. По величине модуля упругости на верхней границе основания и модуля упругости грунта земляного полотна определяют толщину основания дорожной одежды, пользуясь той же номограммой. Для этого берут отношение  $\frac{E_{общ}}{E_2}$  и  $\frac{E_{гр}}{E_2}$  ( $E_2$  — модуль упругости материала основания,  $E_{гр}$  — модуль упругости грунта земляного полотна) и по номограмме (рис. 3.32) находят отношение  $\frac{h}{D}$ , которое равно  $\frac{h_2}{D}$ , откуда находят  $h_2$  — толщину основания дорожной одежды.

Численные значения модулей упругости  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_{гр}$  принимают по таблицам, указанным в п. 4 и 5.

10. Производятся технико-экономические сравнения равнопрочных вариантов и выбирается наиболее выгодный из них.

Если целесообразно устроить многослойное основание из различных материалов, расчет рекомендуем вести следующим образом.

1. Назначают толщину нижнего слоя основания с учетом типа покрытия.

2. По номограмме (рис. 3.32) определяют модуль упругости на поверхности нижнего слоя основания.

3. Зная модуль упругости на поверхности верхнего и нижнего слоев основания, модуль упругости материала верхнего слоя осно-

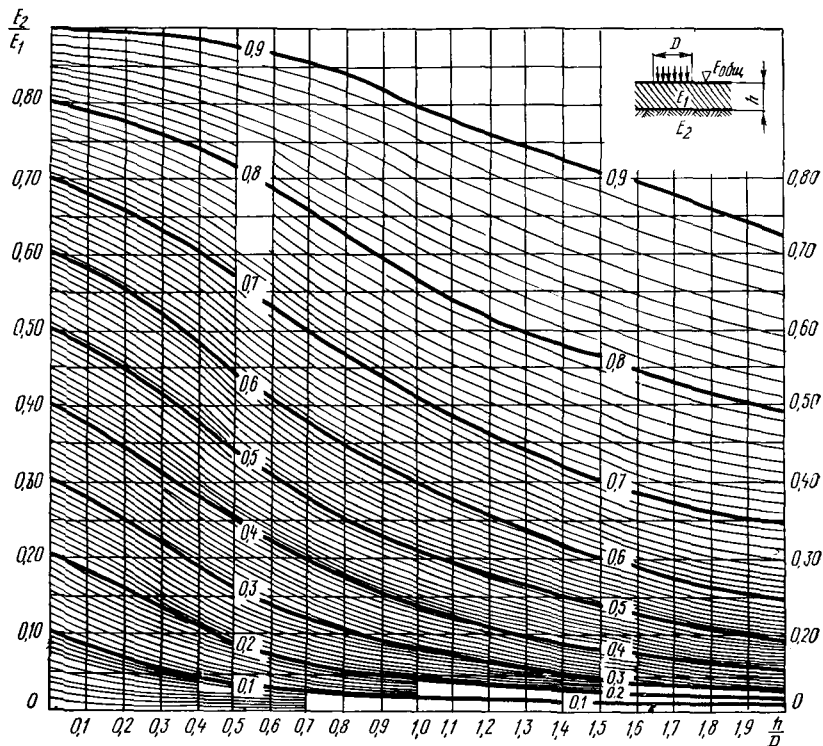


Рис. 3.32. Номограмма для определения общего модуля упругости двух-слойной системы

вания, с помощью номограммы (рис. 3.32) вычисляют толщину указанного слоя.

**Расчет общей толщины дорожной одежды по сопротивлению сдвигу в подстилающем грунте.** Общая толщина одежды должна быть такой, чтобы не возникли остаточные деформации, вызываемые пластическими смещениями в подстилающем грунте. Условие, при котором не образуются пластические деформации в подстилающем грунте, выражается неравенством

$$\tau_{a.m} + \tau_{a.v} \leq \frac{k_1 k_2 c_{ГР}}{k_{эксн} n m} \quad (3.15)$$

где  $\tau_{a.m}$  — максимальное активное напряжение сдвига в нижнем слое двухслойной системы от расчетного автомобиля;  $\tau_{a.v}$  — активное напряжение сдвига от соответственного веса одежды;  $k_1$  — ко-



эффицент, учитывающий влияние воздействия повторных нагрузок, равный 0,6;  $k_2$  — коэффициент запаса на неоднородность условий работы одежды ( $k_2=1$  при интенсивности движения до  $N=100$  автомобилей на 1 полосу и  $k=0,8$  — до  $N=1000$ );  $c_{гр}$  — сцепление грунта земляного полотна;  $k_{эксп}$  — коэффициент, зависящий от эксплуатационных качеств одежды; для усовершенствованных по-

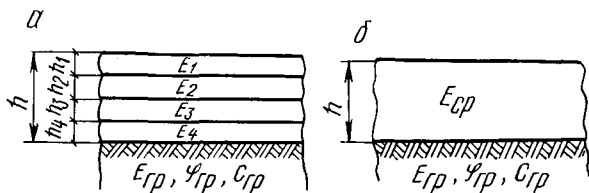


Рис. 3.33. Схема приведения многослойной конструкции а к двухслойной б

крытий: капитального типа  $k_{эксп}=1$ ; облегченного типа  $k_{эксп}=0,85...0,95$ ; для переходного типа  $k_{эксп}=0,75...0,85$ ;  $n$  — коэффициент, учитывающий влияние перегрузки автомобилей:  $n=1,15$ ;  $m$  — коэффициент, зависящий от типа грунта: для связных грунтов  $m=0,65$ ; для малосвязных грунтов  $m=1,15$ , т. е. расчет сводится к определению значений  $\tau_{а.м}$  и  $\tau_{а.в}$ . Расчет на сдвиг в подстилающем слое грунта вудет методом последовательного приближения.

1. Предварительно намеченную или рассчитанную по допустимому упругому прогибу многослойную конструкцию приводят к двухслойной системе, у которой толщина верхнего слоя равна сумме толщин конструктивных слоев многослойной одежды (рис. 3.33)

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n.$$

2. Определяют средний модуль упругости приведенной толщины дорожной одежды по формуле

$$E_{ср} = \frac{E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_3 + \dots + E_n h_n}{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}, \quad (3.16)$$

где  $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$  — расчетные модули упругости отдельных конструктивных слоев, толщины которых равны  $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ .

3. Находят отношение  $\frac{E_{ср}}{E_{гр}}$  и  $\frac{h}{D}$ . По табл. 3.45 определяют угол внутреннего трения  $\varphi_{гр}$  грунта земляного полотна и его модуль упругости  $E_{гр}$ , а значение  $D$  — по табл. 3.28 или 3.29.

4. По номограмме (рис. 3.34, для связных грунтов) или (рис. 3.35, для малосвязных) находят величину  $\frac{\tau_{а.м}}{p}$ . Умножив найденное значение на  $p$  (удельное давление колеса), получают величину  $\tau_{а.м}$ . На номограммах (рис. 3.34; 3.35) принято:  $E_1 = E_{ср}$ ;  $E_2 = E_{гр}$ .

5. По номограмме (рис. 3.36) в зависимости от толщины одежды  $h$  и угла внутреннего трения грунта  $\varphi_{гр}$  находят  $\tau_{а.в}$ .

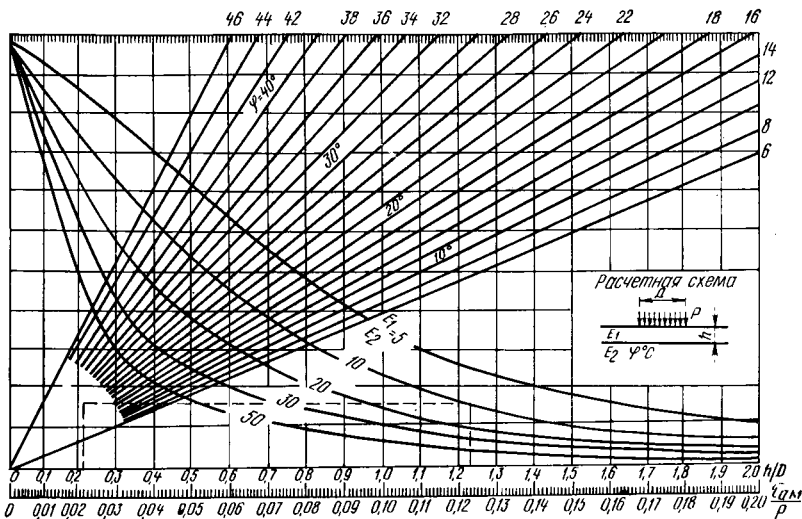


Рис. 3.34. Номограмма для определения активных напряжений сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при совместной работе слоев

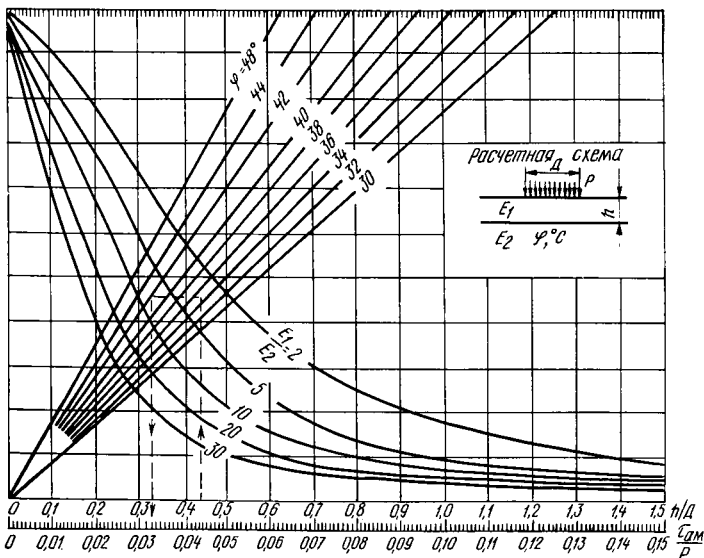


Рис. 3.35. Номограмма для определения активных напряжений сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы при свободном смещении слоев на контакте

6. Определяют сумму  $\tau_{a,m} + \tau_{a,v}$  и сравнивают ее с правой частью уравнения (3.15). Если эта сумма находится в допустимых пределах ( $\pm 5\%$ ), расчет считают законченным. Если же она больше, увеличивают толщину обычно самого дешевого слоя одежды или заменяют материал какого-либо слоя материалом с более высоким модулем упругости и повторяют расчет.

Значения расчетных величин  $\varphi_{гр}$ ,  $c_{гр}$  при соответствующей влажности грунта можно принять по табл. 3.45.

7. Возможен и другой порядок расчета, если нужно узнать общую толщину одежды. Для этого задаются  $E_{ср}$  и по номограммам (рис. 3.34, 3.35) определяют  $h$ . Могут быть и другие варианты.

**Расчет конструктивных слоев из слабосвязных материалов.**

Конструктивные слои одежды из слабосвязных материалов — гравийных, песчаных и других, а также материалов и грунтов, укрепленных жидким битумом, рассчитывают так, чтобы в них не возникли остаточные деформации под действием сдвигающих напряжений (см. формулу (3.15)). Расчет ведут следующим образом.

1. Многослойную дорожную конструкцию (рис. 3.37, а), в которой слой  $h_3$  является рассчитываемым, приводят к двухслойной (рис. 3.37, б). Толщину верхнего слоя приведенной конструкции

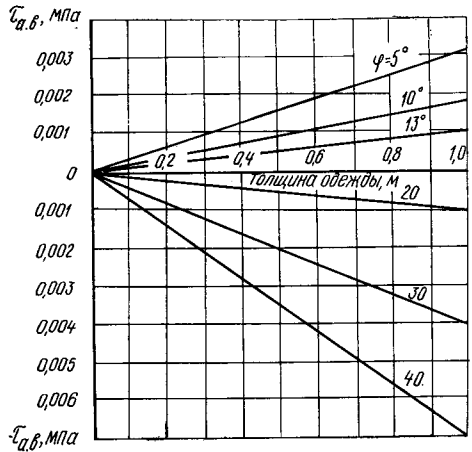


Рис. 3.36. Номограмма для определения активных давлений сдвига  $\tau_{a,v}$  от собственного веса одежды

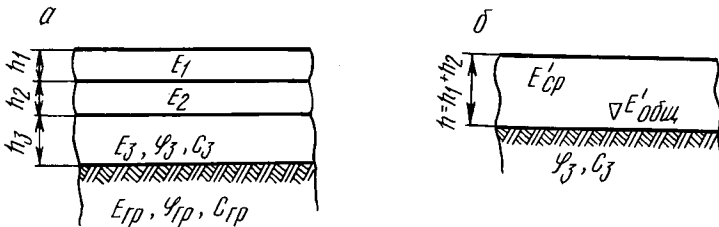


Рис. 3.37. Схема приведения многослойной конструкции к двухслойной при расчете промежуточного слоя  $h_3$  на сдвиг

принимают равной суммарной толщине слоев, расположенных выше рассчитываемого:  $h = h_1 + h_2$ , а средний модуль упругости определяют по формуле (3.16).

2. Нижележащие слои, включая рассчитываемый, приводят к эквивалентному по жесткости однородному полупространству с модулем упругости  $E_{экв}$ .

лем упругости  $E'_{\text{общ}}$  (рис. 3.37,б). Для этого берут отношение  $\frac{E_{\text{гр}}}{E_3}$  и  $\frac{h_3}{D}$  и по номограмме (см. рис. 3.32) определяют  $\frac{E_{\text{общ}}}{E_3}$ . Умножив полученное значение на  $E_3$  — модуль упругости рассчитываемого слоя, получают  $E'_{\text{общ}}$ .

3. Определяют отношение  $\frac{E'_{\text{ср}}}{E'_{\text{общ}}}$  и  $\frac{h}{D}$  и, принимая для мало-связного материала  $\varphi_3$  (для песчаного подстилающего слоя, или гравийного материала, или укрепленных грунтов и т. д.), по номограмме (см. рис. 3.34) определяют  $\frac{\tau_{\text{а.м}}}{\rho}$ . Умножив полученное значение на  $\rho$ , получают  $\tau_{\text{а.м}}$ , а по номограмме (рис. 3.36) получают  $\tau_{\text{а.в}}$ .

4. Найдя сумму  $\tau_{\text{а.м}} + \tau_{\text{а.в}}$ , проверяют, выполнено ли условие прочности, выраженное неравенством (3.15), если оно не выполнено, увеличивают толщину одного из вышележащих слоев или заменяют материал слоя материалом с более высоким модулем упругости.

**Расчет на растяжение при изгибе.** На растяжение при изгибе рассчитывают монолитные слои из асфальтобетона, грунты, укрепленные вязкими битумами, дегтями и минеральными вяжущими, из фракционированного щебня, обработанного битумом или дегтем, щебня, обработанного по способу пропитки, и т. д. Все эти слои проверяются на растяжение, за исключением смесей, которые обработаны жидкими органическими вяжущими. Растяжение при изгибе рассчитывают по условию

$$\sigma_r \leq R_u,$$

где  $\sigma_r$  — наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливается расчетом, Па;  $R_u$  — предельное допустимое растягивающее напряжение материала рассчитываемого монолитного слоя, Па (можно принять по табл. 3.37). На практике при расчете могут быть два случая.

1. Монолитный слой расположен на поверхности дорожной одежды. Расчет производят с помощью номограммы (рис. 3.38). Номограмма связывает относительную толщину монолитного слоя  $\frac{h_1}{D}$

(горизонтальная ось) с величиной максимального растягивающего напряжения при изгибе  $\bar{\sigma}_r$  в материале монолитного слоя от единичной нагрузки (вертикальная ось). Номограмма составлена для случая, когда отсутствует сцепление покрытия с основанием.

Расчет ведут в следующей последовательности.

1. Находят величину общего модуля упругости на поверхности основания  $E_{\text{общ. осн}}$ . Расчет  $E_{\text{общ. осн}}$  ведут путем последовательного приведения слоев. Для этого берут отношение  $\frac{E_{\text{гр}}}{E_3}$  и  $\frac{h_3}{D}$  и по номограмме (рис. 3.32) находят отношение  $\frac{E_{\text{общ}}}{E_3}$  (данные на кривых).

Умножая полученное значение на  $E_3$  — модуль упругости материала слоя  $h_3$ , находят  $E_{общ.}$ . Затем расчет повторяется. Берут отношение  $\frac{E_{общ.}}{E_2}$  и  $\frac{h_2}{D}$ , по номограмме (см. рис. 3.32) находят отношение

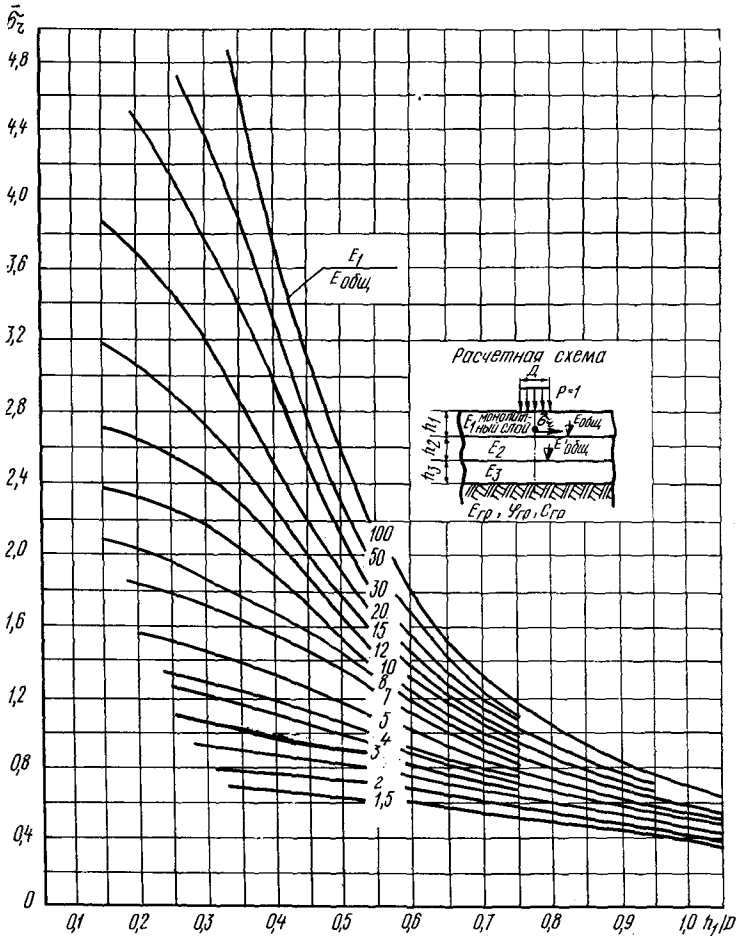


Рис. 3.38. Номограмма для определения растягивающих напряжений при изгибе от единичной нагрузки в верхнем монолитном слое (цифры на кривых означают отношение  $E_1/E_{общ.}$ )

$\frac{E_{общ.осн}}{E_2}$  (данные на кривых) и, умножая полученное значение на  $E_2$  — модуль упругости материала слоя толщиной  $h_2$ , находят  $E_{общ.осн}$  и т. д.

2. Зная  $E_{общ.осн}$ , берут отношение  $\frac{E_1}{E_{общ.осн}}$  и  $\frac{h_1}{D}$ . По номограмме (см. рис. 3.38) на вертикальной оси находят максимальное растягивающее напряжение от единичной нагрузки  $\bar{\sigma}_r$ .

Полное растягивающее напряжение в верхнем монолитном слое определяют по формуле

$$\sigma_r = 1,15 \bar{p} \sigma_r, \quad (3.17)$$

где 1,15 — коэффициент динамичности;  $\bar{p}$  — расчетное удельное давление на покрытие от колеса автомобиля, Па.

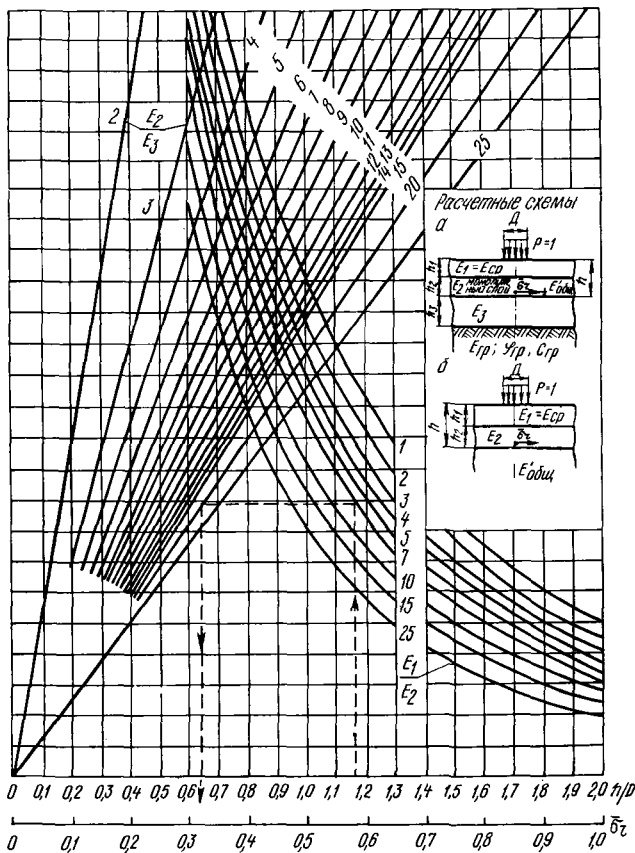


Рис. 3.39. Номограмма для определения растягивающих напряжений при изгибе единичной нагрузки в промежуточном монолитном слое (цифры на кривых означают отношение  $E_1/E_2$ , а на лучах —  $E_2/E_3$ )

3. Величину  $\sigma_r$  сопоставляют с  $R_u$ . При  $\sigma_r \leq R_u$  обеспечивается нормальная работа покрытия, если  $\sigma_r > R_u$ , необходимо усилить одежду путем увеличения толщины монолитного слоя  $h_1$  или повысить жесткость основания  $E_{общ.осн.}$ .

II. Монолитный слой расположен внутри дорожной одежды. Расчет ведут по номограмме (рис. 3.39). Последовательность расчета следующая.

1. Многослойную конструкцию  $a$  приводят к трехслойной  $b$ , где средним является рассчитываемый монолитный слой (см. расчетную схему на номограмме (рис. 3.39)).

2. Определяют средний модуль упругости конструктивных слоев, лежащих выше рассчитываемого (на схеме  $E_1 = E_{cp}$ ) по формуле (3.16). Слои, подстилающие монолитный слой, приводят к эквивалентному по жесткости однородному полупространству с модулем упругости  $E'_{общ}$  путем последовательного приближения, как указано при расчете верхнего монолитного слоя в п. 1.

3. В зависимости от отношений  $\frac{h}{D}$ ;  $\frac{E_{cp}}{E_2}$  и  $\frac{E_2}{E'_{общ}}$  по номограмме определяют растягивающее напряжение  $\bar{\sigma}_r$  в рассчитываемом слое от единичной нагрузки на поверхности покрытия. Порядок нахождения  $\bar{\sigma}_r$  показан на номограмме.

4. Находят расчетную величину растягивающих напряжений в монолитном слое по формуле (3.17). Если  $\sigma_r \leq R_u$ , работа одежды обеспечена, а если  $\sigma_r > R_u$ , необходимо ее усилить или заменить материал монолитного слоя, обладающим более высоким сопротивлением растяжению.

При расчете дорожных одежд по приведенным критериям придерживаются следующего порядка: устанавливают перспективную интенсивность движения; проектируют конструкцию дорожной одежды с учетом наличия дорожно-строительных, местных материалов и природных условий; рассчитывают одежду по величине упругого прогиба; рассчитывают одежду по условию сдвига в подстилающем грунте и в промежуточных слоях из слабосвязных материалов; рассчитывают монолитные слои одежды на растяжение при изгибе; проверяют дорожную конструкцию на морозостойкость (для покрытий переходного типа проверки не требуется); при изменении толщины или материала хотя бы одного слоя одежды необходимо произвести повторный расчет; расчет дорожной одежды считается законченным, если получаемые модули упругости напряжения или толщины слоев по трем критериям отличаются от предельно допустимых или минимально необходимых их значений не более чем на 5%.

**Расчет дорожной конструкции на морозостойчивость.** Дорожная конструкция считается морозостойчивой, если выполняется условие

$$l_{пуч} + l_{мз} \leq l_{доп}, \quad (3.18)$$

где  $l_{пуч}$  — расчетное пучение грунта земляного полотна (см. формулу (3.5));  $l_{мз}$  — расчетное пучение материала морозозащитного слоя (для крупных песков и гравия  $l_{мз} = 0$ ; для мелких песков, крупных супесей и других определяется опытным путем);  $l_{доп}$  — допускаемая величина земного вспучивания покрытия (для железобетона — 0,02 м, асфальтобетона — 0,04 и усовершенствованных облегченных покрытий — 0,06 м).

При невыполнении неравенства (3.18) следует предусмотреть следующие основные мероприятия: возвышение низа дорожной одежды над уровнем грунтовых вод; возведение земляного полотна из непучинистых грунтов или его верхней части; устройство морозозащитных слоев и применение теплоизолирующих материалов.

### 3.10. Дорожно-строительные материалы

*Дорожно-строительными материалами* называют материалы, которые по своим свойствам, размерам и форме соответствуют специфическим условиям работы в дорожных конструкциях и сооружениях. Они делятся на местные и промышленные. Местные — материалы, которые находятся в районе строительства дороги и используются при незначительной переработке или без нее. Промышленные — материалы, которые изготавливаются на заводах и поставляются на строительство централизованно. Местные и промышленные материалы делятся на природные и искусственные. К ним относятся каменные материалы, минеральные и органические вяжущие, бетон, железобетон, асфальтобетон, материалы из древесины и металлы.

Природные каменные материалы получают из скальных горных пород путем их переработки и обработки (тески, сортировки), при этом физико-механические свойства их остаются постоянными. Они могут быть в виде колотого материала (бут, шашка для мощения, шашка-пакеляж), пиленого (блоки), штучного материала разной степени обработки (брусчатка, бортовой камень, плиты), дробленого материала (щебень, гравий, каменная крошка) и др.

По генезису горные породы подразделяются на магматические, осадочные и метаморфические. Магматические горные породы образовались в результате застывания магмы — гранит, сиенит, диорит, габбро, базальт, диабаз, ангезид и т. д. Осадочные — результат выпадения в осадок различных веществ, действия физического и химического выветривания. Это песчаники, конгломераты, опоки, известняки, гравий, галька, дресва и др. Метаморфические, или видоизмененные, горные породы образовались из магматических или осадочных горных пород под действием высоких температур и больших давлений, а иногда и химических процессов. Характеристики горных пород приведены в табл. 3.33.

Искусственные каменные материалы получают из природного сырья или отходов заводского производства с соответствующей переработкой и обработкой (действием температуры или давления, механической обработкой и т. д.). К ним относятся керамические изделия (дренажные трубы), дорожный клинкер (кирпич для дорожных покрытий), строительный кирпич, керамзит, аглопорит, шлаки, каменное литье, ситаллы и др. Физико-механические свойства керамзита приведены в табл. 3.34.

Минеральные вяжущие материалы представляют собой порошкообразные вещества, которые при смешивании с водой



Табл. 3.32. Зерновой состав гравийной (щебеночной) и гравийно-песчаной (щебеночно-песчаной) смесей для необработанных покрытий

Номер смеси	Количество частиц, проходящих через сито с отверстиями в миллиметрах, % по весу						
	40	20	10	5	2,5	0,63	менее 0,05
1	100	60...80	45...65	30...55	20...45	15...35	7...20
2	—	80...95	65...90	50...75	35...65	20...45	8...25
3	—	—	90...100	70...85	45...75	25...55	8...25

Примечания: 1. Влажность фракций 0,63 мм на границе текучести должна быть не более 25, а число пластичности — не более 6.

2. Данные табл. 3.32 распространяются на гравий 1...2-го классов, для 3...4-го — зерновой состав определяется после предварительного испытания на сжатие в стальном цилиндре при удельном давлении 15 МПа.

Табл. 3.33. Расчетные модули упругости

Материал	Модули упругости материалов при расчете по требуемым прогибам, МПа
Сортировочный щебень из горных пород 1...2-го классов и кислых металлургических шлаков, устроенный по принципу заклинки	400...450
То же из горных пород 3-го класса	300...350
Основания из основных однородных по качеству металлургических шлаков с подбором гранулометрического состава и применением искусственной шлаковой муки	400...450
То же с применением естественной доменной муки	350...400
Основания из основных однородных по качеству металлургических шлаков без подбора гранулометрического состава	250...300
Мостовые из колотого камня и пакеляж	450...500
Гравийные материалы и рядовой щебень из горных пород не ниже 3-го класса в зависимости от зернового состава (для щебня на 10% выше, чем для гравия):	
частиц крупнее 2 мм, 85% частиц мельче 0,05 мм, 3%	260...290
70	200...260
60	170...200
50	150...170
Пески:	
мелкозернистые	80...90
среднезернистые	100...120
крупнозернистые	125...130
гравелистые	140...150

переходят из тестообразного состояния в твердое, превращаясь в искусственный камень. По характеру твердения они делятся на воздушные, твердеющие на воздухе, и гидравлические, твердеющие на воздухе и в воде. К воздушным вяжущим материалам относят воздушную известь, гипсовые и магнезиальные вяжущие, растворимое стекло и т. д. К гидравлическим — цемент, гидравлическую известь и т. д. Физико-механические свойства их приведены в табл. 3.35...3.37.

Табл. 3.34. Физико-механические свойства керамзита

Марки керамзитового гравия (объемная масса), кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при раздавливании для классов, МПа		Водопоглощение по массе, %, не более	Марки керамзитового гравия (объемная масса), кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при раздавливании для классов, МПа		Водопоглощение по массе, %, не более
	А	Б			А	Б	
150	0,4	0,3	—	450	2,0	1,7	20
200	0,5	0,4	25	500	2,5	2,0	20
250	0,8	0,6	25	550	3,0	2,3	20
300	1,0	0,8	25	600	3,5	3,0	20
350	1,4	1,0	25	700	4,5	3,0	15
400	1,7	1,4	25	800	6,0	4,0	15

Табл. 3.35. Технические требования к цементам

Наименование цемента	Марка цемента									
	200	300	400	500	600	200	300	400	500	600
	предел прочности при изгибе через 28 сут., не менее, МПа					предел прочности при сжатии через 28 сут., не менее, МПа				
Портландцемент	—	4,5	5,5	6,0	6,5	—	30	40	50	60
Гидрофобный портландцемент	—	4,5	5,5	—	—	—	30	40	—	—
Пластифицированный портландцемент	—	4,5	5,6	6,0	—	—	38	40	50	—
Сульфатостойкий портландцемент	—	—	5,5	—	—	—	—	40	—	—
Шлакопортландцемент	3,5	4,5	5,5	6,0	—	20	30	40	50	—
Пуццолановый портландцемент	3,5	4,5	5,5	—	—	20	30	40	—	—

Органические вяжущие материалы — это преимущественно высокомолекулярные углеводородные соединения, представляющие собой твердые, вязкопластичные или жидкие вещества, изменяющие свои физико-механические свойства в зависимости от температуры. К ним относятся: битумы нефтяные дорожные вязкие, улучшенные; битумы нефтяные дорожные жидкие, улучшенные; битумы сланцевые; дегти каменноугольные дорожные; эмульсии битумные и дегтевые.

Битумы могут быть природными, нефтяными и сланцевыми, а дегти — каменноугольными, торфяными и древесными.

Природные битумы подразделяются на твердые (асфальтиты), вязкие (мальты) и жидкие (тяжелые нефти).

Нефтяные битумы бывают вязкие и жидкие. Вязкие дорожные нефтяные битумы различают следующих марок: БНД-200/300, БНД-130/200, БНД-90/130, БНД-60/90, БНД-40/60. Цифры являются характеристикой вязкости, показывают глубину проникания иглы пенетromетра.

Жидкие дорожные нефтяные битумы подразделяются на классы СГ и МГ. Класс СГ — жидкие битумы, густеющие со средней ско-

Табл. 3.36. Расход минеральных вяжущих материалов для укрепления грунтов (СН 25—74)

Грунты	Портландцемент, шлакопортландцемент		Известь		Известково-шлаковый цемент	
	верхний слой основания или покрытия	нижний слой основания	верхний слой основания	нижний слой основания	верхний слой основания	нижний слой основания
Крупнообломочные несцементированные грунты (гравийные, деревянные, щебеночные), а также грунто-мальные и грунтощебеночные смеси, близкие к оптимальному составу, пески гравелистые, крупные и средние (разнозернистые)	4...8	3...6	3...6	3...4	—	—
	80...180	60...120	60...120	60...80	—	—
Крупнообломочные несцементированные грунты, грунтощебеночные смеси неоптимального состава, пески гравелистые, крупные, средние и мелкие однозерные, пылеватые	6...12	4...8	—	—	—	—
	100...210	70...140	—	—	—	—
Супеси, близкие к оптимальному составу, супеси легкие, крупные и тяжелые пылеватые, суглинки пылеватые и непывеватые	8...12	4...7	6...8	4...6	—	—
	160...240	80...140	100...140	70...100	—	—
Пески разнообразного состава и супеси с числом пластичности менее 3 при добавке золы-уноса или золошлаковой смеси в количестве 15...25% массы смеси	4...7	3...4	2...4	2...3	—	—
	80...140	60...80	35...80	35...60	—	—
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	11...14	8...12	7...8	5...6	12...15	8...10
	200...250	150...220	120...150	80...100	220...270	140...180
Глины несчаные, пылеватые	13...15	10...12	8...10	6...8	12...16	8...11
	230...270	180...220	140...170	100...140	220...300	140...200

Примечание. Расход вяжущих материалов указан в числителе — % от массы смеси, в знаменателе — кг/м³.

Табл. 3.37. Расчетные модули упругости дорожно-строительных материалов, укрепленных цементом

Материал	Модули упругости материалов, МПа	
	при расчете по требуемым прогибам	при расчете на изгиб
Щебень и гравий, обработанные 6...7% цемента	650...700	650...700
То же при содержании цемента 4...5%	500...550	500...550
Грунты оптимального гранулометрического состава, укрепленные цементом, %		
6	200	200
8	300	300
10	400	400
12	450	450
Супесчаные грунты, укрепленные цементом, %		
6	180	180
8	280	280
10	350	350
12	400	400
Суглинистые грунты, укрепленные цементом, %		
6	150	150
8	220	220
10	270	270
12	300	300
Пески крупные и средней крупности разнозернистого состава либо с добавкой 10...20% пылевато-глинистых частиц, %:		
6	420(300)	420
8	480(420)	480
10	540(480)	540
12	— (540)	—
Гравелистые пески разнозернистого состава или с добавкой 10...20% пылевато-глинистых частиц, %		
4	280(420)	280
6	350(490)	350
8	420(560)	420
10	490(630)	490

Примечание. В скобках даны модули упругости с добавкой 10...20% пылевато-глинистых частиц.

ростью, бывают следующих марок: СГ-15/25, СГ-25/40, СГ-40/70, СГ-70/130, СГ-130/200. Применяются при строительстве дорог в III...V дорожно-климатических зонах. Класс МГ — медленно густеющие жидкие битумы: МГ-25/40, МГ-40/70, МГ-70/130, МГ-130/200. Цифры в индексах марок означают пределы условной вязкости в секундах. Применяются при строительстве дорог в III...V дорожно-климатических зонах.

По вязкости и фракционному составу дегти в соответствии с ГОСТ 4641—49 делят на восемь марок: Д-1, Д-2, Д-3, Д-4, Д-5, Д-6, Д-7, Д-8.

Вязкие битумы применяют для приготовления горячих и теплых асфальтобетонных смесей, а жидкие и разжиженные битумы ма-

рок БНД-40/60, БНД-60/90, БНД-90/130 — для приготовления холодных асфальтобетонных смесей. Они могут быть применены для укрепления грунтов смешением на дороге.

Дорожные эмульсии — вяжущий пленкообразующий материал, представляющий собой однородную маловязкую жидкость темно-коричневого цвета, состоящую из битума (или дегтя), водного раствора и эмульгатора. Применяют для обработки минеральных материалов, в том числе и грунтов. В соответствии с ведомственными нормами ВСН 115—75 дорожные эмульсии по структуре делят на два типа: прямые и обратные. В прямых эмульсиях битум равномерно распределен в воде в виде мельчайших (1...10 мк) капель, окруженных слоем эмульгатора. В обратных — вода равномерно распределена в битуме (или дегте) в виде мельчайших капель, также стабилизированных слоем эмульгатора.

По природе эмульгатора прямые эмульсии делят на три вида: анионные, катионные и пасты. В анионных эмульсиях эмульгатора-

Табл. 3.38. Расход органических вяжущих для укрепления грунтов

Грунты	Расход органических вяжущих (ориентировочно)		
	жидкий нефтяной битум (классы МГ и СГ) и жидкий сланцевый битум	битумная эмульсия (по содержанию битума)	каменно-угольный деготь
Крупнообломочные нецементированные грунты, близкие к оптимальному составу, пески гравелистые крупные и средней крупности (разнозернистые), супеси, близкие к оптимальному составу	$\frac{3...5}{66...110}$	$\frac{3...5}{66...110}$	$\frac{3...5}{66...110}$
Крупнообломочные нецементированные грунты неоптимального состава, пески гравелистые крупные, средней крупности и однородные мелкие, супеси пылеватые с числом пластичности менее 3	$\frac{4...6}{88...130}$	$\frac{4...6}{88...130}$	$\frac{4...6}{88...130}$
Супеси легкие пылеватые, тяжелые пылеватые, суглинки мелкие и легкие пылеватые	$\frac{5...8}{110...180}$	$\frac{5...7}{111...160}$	$\frac{6...9}{130...120}$
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые, глины песчаные и пылеватые с числом пластичности не более 22	$\frac{8...10}{180...220}$	$\frac{6...7}{130...160}$	$\frac{8...13}{180...286}$

Примечания: 1. Расход вяжущих в числителе — % массы грунта, в знаменателе — кг/м<sup>3</sup>.

2. При использовании в качестве вяжущего нефти расход ее такой же, как и жидкого битума.

Кроме ПАВ, в битумо-минеральные смеси вводят активаторы поверхности минеральных материалов — цемент, известь, сланцевую золу. Их назначение — подготовка поверхности зерен кислых грунтов к взаимодействию с битумом. ПАВ и активаторы выбирают и применяют согласно ВСН 59—68

ми являются мыла высокомолекулярных органических кислот, в катионных — органические азотосодержащие соединения, в пастах — минеральные порошкообразные материалы. Основное различие между видами эмульсий заключается во взаимодействии с обрабатываемыми материалами. Анионные эмульсии активно взаимодействуют с основными минеральными материалами, содержащими CaO, и слабо — с кислыми, содержащими SiO<sub>2</sub>. Катионные эмульсии взаимодействуют с основными и кислыми минеральными материалами, особенно с кислыми. Пасты являются малоактивным вяжущим. По скорости распада при внесении в обрабатываемый материал в соответствии с ВСН 115—75 прямые эмульсии делят на три класса: быстро-, средне- и медленнораспадающиеся.

Обратные эмульсии по вязкости делят на жидкие ЭО и вязкие ЭО-В. Содержание вяжущего в обратных эмульсиях должно быть в пределах 70...80%. Расход органических вяжущих для укрепления грунтов и прочностные характеристики приведены в табл. 3.38...3.41. Для улучшения свойств битумов, дегтя, эмульсий иногда вводят поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Бетон — искусственный каменный материал, состоящий из вяжущего материала, мелкого и крупного заполнителя. В зависимо-

Табл. 3.39. Характеристика грунтов, укрепленных химическими реагентами, и средний расход основного реагента

Реагент	Грунты, рекомендуемые для обработки	Средний расход химического реагента	Модуль деформации через 7 сут. после упрочнения, МПа
Фурфурол и анилин	Оптимальные смеси, супесчаные, суглинистые и тяжелосуглинистые бескарбонатные грунты с кислой реакцией (рН < 7); число пластичности не более 17; содержание гумуса до 6%	1,5...2	90...130
		4...5,5	
Фосфорные	Бескарбонатные кислые (рН < 7) супеси, суглинки и глины с различной влажностью; минеральные и гумусированные; число пластичности 8...27	3	80...120
		6,75	
Сырая нефть	Супеси, близкие к оптимальному составу, пылеватые тяжелые суглинки; число пластичности 3...7	5...8	20...4
		15...24	
		6...8	
		15...24	
Концентрат сульфоспиртовой барды с хромовыми отвердителями	Суглинки легкие; число пластичности 7...12	8...10	50
		24...30	
		3	
		27,5	
	Песчаные, супесчаные и суглинистые грунты; содержание гумуса до 10%; число пластичности 1...17	3	50
		27,5	

Примечание. В числителе — средний расход реагента, % от массы сухого грунта, а в знаменателе — кг/м<sup>2</sup> слоя толщиной 15 см.

Табл. 3.40. Расчетные характеристики дорожно-строительных материалов, укрепленных органическими вяжущими

Материал конструктивного слоя	Модуль упругости, МПа	Параметры, определяющие сопротивление сдвигу	
		$\psi$ , рад	$c$ , кН/м <sup>2</sup>
Слой из фракционированного щебня, обработанного вязким битумом или дегтем смешением в установке (открытые смеси)			
1-го и 2-го классов	600...900	—	—
3-го класса	500...600	—	—
Слой из щебня 1-го и 2-го классов, обработанного вязким битумом или дегтем по способу пропитки	400...600	—	—
Подобранные смеси из щебеночных и гравийных материалов с жидким битумом, дегтем или битумной эмульсией:			
смешением в установке	300...500	—	—
смешением на дороге	200...280	—	—
Грунты, обработанные жидкими органическими вяжущими:			
супесчаные непылеватые	150...250	0,44...0,61	20...35
суглинистые и пылеватые	80...150	0,26...0,44	20...35
супесчаные			

Табл. 3.41. Ориентировочный расход вяжущих материалов

Вид вяжущего материала	Расход вяжущего			
	при смешении, % к минеральному материалу		при пропитке, л/м <sup>2</sup>	при поверхностной обработке, л/м <sup>2</sup>
	гравийные и щебеночные материалы	слабые материалы		
Жидкие нефтяные битумы	4,5...6,5	6...7	—	1,2...2,8
Жидкие сланцеватые битумы	5...7	6,5...8	—	—
Дегти	5,5...7	7...8,5	10...12	1...2,5
Вязкие битумы	5...7,5	—	9...11	1...2,5
Дорожные эмульсии (в пересчете на битум)	4...6,5	6,5...7	7...8,5	0,65...1,5

сти от типа вяжущего он подразделяется на цементобетон, асфальтобетон, дегтебетон, глинобетон и т. д.

Цементобетон бывает особо тяжелый, тяжелый, облегченный, легкий, особо легкий. Если он армирован стальной арматурой, его называют железобетоном.

Асфальтобетон в зависимости от температуры укладки смеси в дорожное покрытие делят на горячий, теплый и холодный. Плотный асфальтобетон обладает остаточной пористостью 3...5%, пористый — 5...10%. По содержанию щебня или песка асфальтобе-

тонные смеси для плотного асфальтобетона подразделяются на следующие типы: А — многощебенистые, содержащие 50...65% щебня; Б — среднещебенистые — 35...50% щебня; В — малощебенистые, содержащие 20...35% щебня; Г — песчаные из дробленого песка, содержащие фракции 1,25...5 мм не менее 33%; Д — песчаные из природного песка, содержащие фракции 1,25...5 мм не менее 14%.

В зависимости от размера зерен щебня или песка асфальтобетонные смеси делят на крупнозернистые — с размером зерен до 40 мм; среднезернистые — до 25; мелкозернистые — до 15; песчаные — с размером зерен до 5 мм.

По прочности щебня и качеству минерального порошка асфальтобетонные смеси подразделяются на две марки: 1 и 2. Для 1-й марки в качестве заполнителя применяется щебень из магматических и метаморфических пород марки по прочности не ниже 1200 для смесей типов А, Б, В и осадочные породы марки не ниже 1000. Для 2-й марки — щебень, изготовленный из горных пород по прочности ниже 1000. Расчетные модули упругости асфальтобетона приведены в табл. 3.42.

Табл. 3.42. Расчетные модули упругости асфальтобетона

Материал	Модули упругости, МПа	
	при расчете по требуемым прогибам	при расчете на изгиб
Горячий асфальтобетон с минеральным порош-ком	1000...1500	1500...2500
Горячий асфальтобетон без минерального порошка (нижний слой)	700...800	1000...1200
Холодный асфальтобетон	800...1000	1200...1500
Щебеночные горячие смеси 1-й марки	800...900	1200...1400
Гравийные горячие смеси 1-й марки	700...800	1000...1200
Щебеночные горячие смеси 2-й марки и горячий черный щебень	700...800	1000...1200
Гравийные горячие смеси 2-й марки	600...700	900...1000
Щебеночные из горных пород 1...2-го классов, обработанные органическим вяжущим по методу пропитки	600...700	900...1000
То же из горных пород 3-го класса	450...500	600...700
Щебеночные теплые смеси и смеси на эмульсиях, изготовленные в установке	550...600	800...900
То же гравийные	500...550	700...800
Щебеночные холодные смеси и холодный черный щебень, изготовленные в установке	500...550	700...800
То же гравийные	450...500	650...700
Гравийные холодные смеси, изготовленные смешением на дороге	350...400	550...600
Грунты оптимального состава, обработанные органическим вяжущим, %	200...250	300...400
6	200...250	300...400
8	250...280	400...450
Супесчаные грунты, обработанные органическим вяжущим, %		
10	170...200	250...300
12	200...250	300...400



Табл. 3.43. Виды крупнообломочных и песчаных грунтов (СН 449—72)

Грунты	Содержание частиц, % от общей массы сухого грунта	Пригодность грунтов для дорожного строительства	
		при сооруже-нии земляного полотна	при укреплении вяжущими материалами
Крупнообломочные:			
грунт глыбовый (при преобладании окатанных камней — валунный)	Масса камней крупнее 200 мм составляет более 50%	Пригоден	Частицы менее 50 мм применяют как гранулометрическую добавку
грунт щебенистый (при преобладании окатанных частиц — галечниковый)	Масса частиц крупнее 10 мм составляет более 50%	Весьма пригоден	Частицы менее 50 мм используют
грунт дресвяный (при преобладании окатанных частиц — гравийный)	Масса частиц крупнее 2 мм более 50%	То же	Весьма пригоден при разнозернистом составе частиц и отсутствии частиц крупнее 25 мм
Песчаные:			
песок гравелистый	Масса частиц крупнее 2 мм составляет более 25%	Весьма пригоден	Весьма пригоден для укрепления цементом при разнозернистом составе частиц или как гранулометрическая добавка к глинистым грунтам
песок крупный	Масса частиц крупнее 0,5 мм составляет более 50%	Пригоден	То же
песок средней крупности	Масса частиц крупнее 0,25 мм составляет более 50%	То же	Менее пригоден, чем крупный песок
песок мелкий	Масса частиц крупнее 0,1 мм составляет более 75%	Пригоден, но менее устойчив, чем крупный и средний	Пригоден для укрепления цементом или битумной эмульсией при разнозернистом составе частиц
песок пылеватый	Масса частиц крупнее 0,1 мм составляет менее 75%	Мало пригоден	То же

Примечание. Наименование грунта устанавливают последовательным суммированием процентного содержания частиц исследуемого грунта: сначала крупнее 10 мм, затем крупнее 2 мм, далее крупнее 0,5 мм и т. д. Наименование грунта принимают по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований в таблице.

Древесные материалы, используемые в строительстве, классифицируются по породам, видам и сортам деревьев. По видам они делятся на круглые, пиломатериалы и клееные материалы. Сортность древесины зависит от характера и величины пороков. Древесные материалы широко используются при строительстве лежневых и деревянно-грунтовых покрытий, для изготовления шпал и т. д.

Табл. 3.44. Виды глинистых грунтов (СН 449—72)

Грунт	Разновидность грунта	Содержание песчаных частиц размером от 2 до 0,05 мм	Число пластичности	Пригодность грунтов для дорожного строительства	
				при сооружении земляного полотна	при укреплении вяжущими материалами
Супесь	Легкая крупная	>50	1...7	Весьма пригоден	Весьма пригоден
	Легкая	>50	1...7	Пригоден	То же
	Пылеватая	20...50	1...7	Малопригоден	Пригоден
	Тяжелая пылеватая	<20	1...7	Не пригоден	Малопригоден
Суглинок	Легкий	>40	7...12	Пригоден	Пригоден
	Легкий пылеватый	<40	7...12	Малопригоден	То же
	Тяжелый	>40	12...17	Пригоден	Пригоден с ограничением
	Тяжелый пылеватый	<40	12...17	Малопригоден	То же
Глина	Песчанистая	>40	17...27	Пригоден	Малопригоден
	Пылеватая	Меньше, чем пылеватых размером 0,05...0,005	17...27	Малопригоден	То же
	Жирная	Не нормируется >27		Не пригоден	Не пригоден

Металлические материалы по составу делятся на черные и цветные. К черным относят чугун и сталь, к цветным — медь, свинец, олово, цинк, алюминий и т. д. Они широко применяются в дорожном и железнодорожном строительстве.

При строительстве автомобильных лесовозных дорог находят применение местный материал — грунт, представляющий собой дисперсную систему, состоящую из твердой (минеральные частицы) и жидкой (вода) фаз и газа (воздуха). Свойства твердой фазы зависят от размера, формы и минералогического состава частиц, которые в природных условиях довольно разнообразны. В зависимости от степени разрушения горной породы и некоторых других свойств грунты в соответствии с СН 449—72 подразделяют на скальные, крупнообломочные, песчаные и глинистые. Классификация грунтов и некоторые их свойства приведены в табл. 3.43...3.45.

### 3.11. Строительство лесовозных автомобильных дорог

В лесной промышленности строительство лесовозных дорог осуществляют организуемые в составе строительного-монтажных управлений (СМУ) и передвижных механизированных колонн (ПМК) дорожно-строительные участки (ДСУ) или дорожно-строительные отряды (ДСО). Строительство лесовозных усов в леспромпхозах выполняется специальными бригадами рабочих под руководством

Табл. 3.45. Расчетные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов (по ВСН 46—72)

Грунт	Характеристика грунта	Расчетные характеристики при относительной влажности (доли от границы текучести)							
		0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	
Песок крупный и гравелистый	$E$ , МПа	130	130	130	130	130	130	130	130
	$\varphi$ , рад	0,7505	0,7505	0,7505	0,7505	0,7505	0,7505	0,7505	0,7505
Песок средней крупности	$E$ , МПа	120	120	120	120	120	120	120	120
	$\varphi$ , рад	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982
Песок мелкий	$E$ , МПа	100	100	100	100	100	100	100	100
	$\varphi$ , рад	0,6632	0,6632	0,6632	0,6632	0,6632	0,6632	0,6632	0,6632
Песок пылеватый	$E$ , МПа	50	50	50	50	50	50	50	50
	$\varphi$ , рад	0,6283	0,6283	0,6283	0,6283	0,6283	0,6283	0,6283	0,6283
Супесь легкая крупная	$E$ , МПа	60	60	60	60	60	60	60	60
	$\varphi$ , рад	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982
Супесь легкая (непылеватая)	$E$ , МПа	45	42	39	37	35	35	—	—
	$\varphi$ , рад	0,6109	0,6109	0,6109	0,6109	0,6109	0,6109	0,6109	0,6109
Супесь пылеватая, супылики и глины	$c$ , кН/м <sup>2</sup>	12	11	10	9	8	8	—	—
	$E$ , МПа	60	42	34	28	24	21	20	20
	$\varphi$ , рад	0,4189	0,3665	0,3142	0,2618	0,2269	0,1920	0,1745	0,1745
	$c$ , кН/м <sup>2</sup>	32	26	19	15	10	7	5	5

Примечание. 1 рад  $\cong 57^{\circ}18'$ .

дорожного мастера, подчиненного начальнику дороги или лесопункта.

Современное дорожное строительство характеризуется широким применением индустриальных способов с внедрением комплексной механизации и автоматизации технологических процессов, поточного метода, который является наиболее прогрессивным методом организации дорожно-строительных работ. При строительстве дороги поточным методом все работы делятся на линейные и сосредоточенные.

**Л и н е й н ы е р а б о т ы** — это работы, которые необходимо выполнять на всем или большей части протяжения дороги в более или менее одинаковых объемах на единицу ее длины: работы по расчистке дорожной полосы, устройство невысоких насыпей и неглубоких выемок, оснований, покрытий, отделочные и укрепительные работы.

**К с о с р е д о т о ч е н н ы м** относят работы, большие объемы которых сконцентрированы на отдельных участках дороги небольшой протяженности: высокие насыпи и глубокие выемки (более 30 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км дороги), большие мосты и путепроводы и т. д. Их следует выполнять до подхода линейных работ.

При поточном методе технологические процессы выполняют в следующей последовательности: производство подготовительных работ и организация связи; строительство малых искусственных сооружений; возведение земляного полотна, устройство сооружений водоотвода, производство укрепительных работ; устройство дорожной одежды; отделочные работы и обстановка пути дорожными знаками.

Основной организационной единицей является комплексный поток — совокупность объектных потоков возведения всех инженерных сооружений дороги, увязанная по параметрам. **О б ъ е к т н ы й п о т о к** — специализированные потоки, обеспечивающие выполнение полного объема работ по строительству участка дороги, моста и т. д. **С п е ц и а л и з и р о в а н н ы й п о т о к** состоит из частных потоков выполнения комплекса процессов данного вида работ, объединенных общей продукцией (например, участок земляного полотна, основания или дорожной одежды и т. д.). **Ч а с т н ы й п о т о к** — организация работы звена однотипных машин, последовательно выполняющих технологический цикл операций на соответствующих участках работ. Основными элементами потока являются скорость, темп, длина, шаг, захватка, периоды развертывания и свертывания.

**Скорость потока** — длина участка дороги, на котором поток заканчивает работы в единицу времени (час, смену). Это величина переменная, и в плановых расчетах следует использовать ее средние значения. Скорость потока на линейных работах характеризует его линейную производительность.

**Темп специализированного потока с неравномерным распределением объемов работ по длине дороги** характеризует его производительность в единицах измерения выполняемых работ (м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>) в единицу времени (час, смену).

Захватка — участок дороги, на котором в течение смены работают машины частного потока. Длину захватки следует назначать с учетом требований экономии и технологии выполняемых работ, а также эксплуатационных характеристик машин-исполнителей. Например, увеличение длины захватки при уплотнении насыпи повышает производительность катков, особенно нереверсивных. Но это ведет к увеличению периода развертывания специализированного потока в целом, что экономически невыгодно.

Длина специализированного, объектного или комплексного потоков — сумма захваток частных потоков, его образующих.

Шаг потока — время в часах между вводом в работу очередных звеньев в начале потока в период его развертывания или между началами их работ на любой последующей захватке; интервал времени между частными потоками. Величина шага должна обеспечивать между соседними звеньями (частными потоками) минимально необходимую длину захватки, а также время на технологические перерывы работ (например, для твердения бетона в дорожном покрытии и т. д.).

Период развертывания потока — период от начала вступления в работу первого специализированного потока и до завершения работ последнего.

Комплексный технологический процесс сооружения земляного полотна состоит из следующих последовательно выполняемых работ: подготовительных; основных; планировочных; отделочных; укрепительных.

В состав подготовительных работ входят восстановление и закрепление трассы дороги, полосы отвода; расчистка полосы отвода от кустарника и камней; валка леса; корчевка пней; разбивка земляного полотна — установка колышков с высотными отметками, указывающими проектные границы и очертания будущих насыпей, выемок, водоотводных сооружений, а также резервов и кавальеров; снятие растительного слоя; подготовка основания насыпей — планировка, осушение или удаление переувлажненного слоя грунта.

Основные работы включают устройство водоотводных и дренажных сооружений, строительство насыпей: рыхление и разработка грунта в резерве, выемке или карьере, перемещение его в тело насыпи, разравнивание слоями требуемой толщины и послойного уплотнения; разработку выемок с перемещением грунта в насыпь или кавальер.

Планировочные, отделочные и укрепительные работы заключаются в устройстве присыпных обочин; профилировании, окончательной планировке и укатке поверхности земляного полотна, включая откосы; укреплении откосов посевом трав, одерновкой и т. д.

Работы по сооружению земляного полотна должны производиться в соответствии с продольным и поперечным профилями лесовозной дороги.

При строительстве лесовозных дорог следует пользоваться ти-

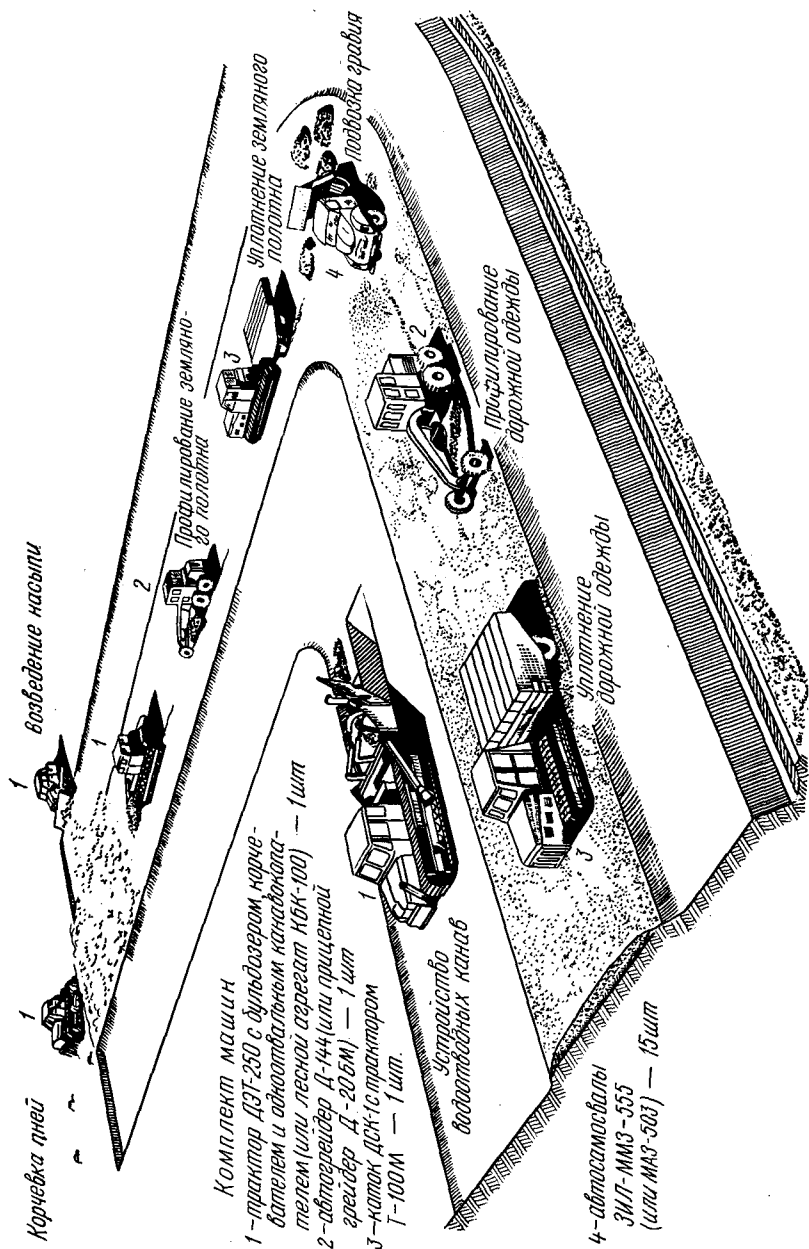


Рис. 3.40. Технология строительства автомобильных лесовозных дорог

повыми технологическими правилами и картами, разработанными Гипролестрансом. На работы, не входящие в типовые материалы, технологические карты составляются специалистами строительных трестов и СМУ.

Строительство дорожной одежды осуществляется специализированным потоком (бригадой). До начала работ проверяют качество земляного полотна и производят необходимые разбивки, затем выполняют основные работы. Гипролестрансом также разработаны технологические правила по строительству дорожных одежд. Технология строительства автомобильной дороги показана на рис. 3.40.

Группа однотипных машин, которые выполняют работы частного потока, называется *звеном машин*. Число и тип их определяются расчетом.

Группа звеньев машин-исполнителей, определенная расчетом данного специализированного потока, составляет *комплект машин*.

При выборе машин и механизмов для сооружения земляного полотна и определения их количества необходимо произвести расчет.

1. Определить производительность сравниваемых машин по формуле

$$P = \frac{T k_b q}{t},$$

где  $P$  — производительность,  $m^3$  (или другой измеритель);  $T$  — продолжительность смены, ч;  $k_b$  — коэффициент использования рабочего времени:  $k_b = 0,8$ ;  $q$  — производительность машины,  $m^3$  (или другой измеритель) за один рабочий цикл;  $t$  — продолжительность одного рабочего цикла, ч.

2. Найти требуемое количество машин

$$N = \frac{Q}{P n T_p},$$

где  $Q$  — общий объем работ, подлежащих выполнению за строительный сезон;  $n$  — количество рабочих смен в сутки;  $T_p$  — расчетная продолжительность строительного сезона, сут.

3. Определить среднюю себестоимость земляных работ

$$C = \frac{\sum MC_m k_1 + \sum m_p C_p k_2 + \sum M_T + C_n}{Q} \text{ руб/м}^3,$$

где  $\sum MC_m$  — сумма произведений количества машино-смен на их стоимость, руб.;  $\sum m_p$  — суммарная трудоемкость работ, выполняемых вручную, чел/смен;  $C_p$  — средняя расчетная дневная ставка рабочих, занятых ручным трудом, руб.;  $k_1, k_2$  — коэффициенты, учитывающие накладные расходы:  $k_1 = 1,14 \dots 1,18$ ;  $k_2 = 1,60 \dots 1,80$ ;  $\sum M_T$  — суммарная стоимость материалов, руб.;  $C_n$  — стоимость подготовительных и вспомогательных работ, не учитываемых в стоимости машино-смен, руб.

4. Определить стоимость машино-смены

$$C_m = \frac{P_{\text{год}}}{M_{\text{год}}} + \frac{P_{\text{ед}}}{M_{\text{пл}}} + C_{\text{пр}},$$

где  $P_{\text{год}}$  — сумма годовых затрат на восстановление первоначальной стоимости машины и на капитальный ремонт, руб.;  $M_{\text{год}}$  — количество рабочих смен в году;  $P_{\text{ед}}$  — сумма единовременных затрат по обеспечению работы машины на данном объекте;  $M_{\text{пл}}$  — количество смен, в течение которых машина находилась на данном объекте;  $C_{\text{пр}}$  — прочие расходы, отнесенные к одной машино-смене.

5. Определить сменную выработку на одного рабочего

$$Q_p = \frac{P}{n_1 + n_2} \text{ м}^3/\text{смену},$$

где  $n_1$  — количество рабочих, работающих на машинах;  $n_2$  — количество рабочих, занятых на подготовительных и вспомогательных работах.

Трудоемкость работ является величиной, обратной сменной выработке на одного рабочего, т. е.  $\frac{1}{Q_p}$ .

6. Определить расход энергии на единицу продукции

$$\mathcal{E} = \frac{\sum \mathcal{E}_c}{P},$$

где  $\sum \mathcal{E}_c$  — суммарная мощность двигателей всех машин, используемых для выполнения земляных работ, кВт.

Определив и сравнив эти показатели, выбирают лучшую машину (комплект). Вначале выбирают основные (ведущие) машины, затем вспомогательные (комплектующие). При этом следует увязать производительность ведущих и вспомогательных машин.

Для возведения насыпей высотой 1,0...1,5 м из грунта боковых резервов целесообразно применять бульдозеры, а при перемещении грунта из выемки в насыпь они эффективны лишь при дальности перемещения не более 50 м. Поэтому целесообразно комбинированное использование различных ведущих машин. Так, при возведении насыпи высотой 1,5...3,5 м из грунта боковых резервов нижнюю часть (до 1,5 м) можно возводить бульдозером, а верхнюю — скрепером.

### 3.12. Содержание и ремонт лесовозных автомобильных дорог

Работой лесовозной дороги руководит начальник (технорук) лесопункта — если дорога входит в состав лесопункта; начальник дороги — если она выделена в самостоятельный цех в составе леспромхоза; директор (главный инженер) — при бесцеховой структуре леспромхоза.

Для поддержания автомобильной лесовозной дороги в технически исправном состоянии выполняют следующие виды дорожно-ремонтных работ: содержание, текущий, средний и капитальный ремонты.

Содержание заключается в систематическом уходе за дорогой с целью поддержания ее в надлежащем порядке в течение всего периода эксплуатации, для обеспечения непрерывного и без-



опасного движения автотранспорта с установленными скоростями движения и нагрузками. Работы по содержанию дороги различаются по их направленности и сезонам года: весенние — ликвидация последствий зимнего вспучивания и подготовка к летнему периоду; летние — обеспечение наилучших условий для движения; осенние — подготовка к зимнему периоду; зимние — очистка проезжей части от снега и борьба с гололедом.

Текущий ремонт дорог включает работы по устранению отдельных мелких деформаций и разрушений земляного полотна и дорожной одежды; водоотводной системы и искусственных сооружений. Проводится ежегодно.

Средний ремонт — комплекс ремонтных работ для восстановления дорожных сооружений, возмещения износа покрытия и улучшения транспортно-эксплуатационных качеств дороги. Проводится один раз в несколько лет (табл. 3.46).

Табл. 3.46. Межремонтные сроки капитальных и средних ремонтов дорог

Тип покрытия и вид основания	Категория дорог	Межремонтные сроки в годах	
		капитальный	средний
Колейное железобетонное на песчано-гравийном или песчаном основании	II...III	18(5)	9
Щебеночные и гравийные из смесей оптимального состава на песчаном основании	I...II	9(2,5)	5
Щебеночные и гравийные из смесей рядового состава	II...III	9(1,5)	4
Грунтощебеночные, грунтогравийные	III	6(1,0)	3
Грунтовые улучшенные	III	—	2

Примечания: 1. В скобках указан объем вывозки древесины в млн. м<sup>3</sup> от начала постройки дороги до капитального ремонта.

2. Межремонтные сроки: для капитального ремонта — период от сдачи дороги в эксплуатацию (или от реконструкции) до капитального ремонта; для среднего — период от сдачи дороги в эксплуатацию (или от реконструкции) или капитального ремонта до первого среднего ремонта или между двумя средними ремонтами.

Капитальный ремонт включает работы по восстановлению размеров дороги с одновременной заменой изношенных, утративших прочность и требуемые свойства конструктивных слоев дорожной одежды и искусственных сооружений. Проводится периодически один раз в несколько лет (табл. 3.46) подрядным или хозяйственным способом.

Сроки проведения среднего и капитального ремонтов устанавливаются в зависимости от состояния дороги по решению специальной комиссии, назначаемой вышестоящей организацией (комбинатом, объединением).

Трудозатраты по содержанию и ремонту дорог на 1000 м<sup>3</sup> вывезенной древесины, по данным А. С. Иванковича, должны быть не выше приведенных в табл. 3.47 и 3.48.

Табл. 3.47. Трудовые затраты по содержанию и ремонту дорог на 1000 м<sup>3</sup>

Среднее расстояние вывозки, км	Годовой объем вывозки при типе покрытия, тыс. м <sup>3</sup>									
	железобетонном, гравийном, снежно-ледяном				лежневым			грунтовым		
	50	100	150	300	50	100	150	50	100	150
36	42	28	24	22	99	67	54	72	59	43
	15,8	11,2	9,6	8,8	19,8	13,4	10,8	18,0	14,0	10,4
42	48	33	28	25	115	79	63	84	68	50
	19,2	12,8	10,8	10,0	13,0	14,8	12,6	21,0	16,0	12,4
48	54	38	32	28	132	90	72	96	78	58
	21,6	14,8	12,4	11,2	26,4	18,0	14,4	24,0	18,0	14,0
54	60	42	36	31	148	101	81	108	88	65
	24,0	16,0	13,6	12,4	23,6	20,2	16,2	27,0	20,0	16,0
60	66	47	40	34	155	113	90	120	98	72
	26,0	16,8	14,4	13,6	33,0	22,6	18,0	30,0	22,0	18,0

Примечание. В числителе указаны трудозатраты в человеко-днях, а в знаменателе — в машино-сменах.

Табл. 3.48. Дорожно-эксплуатационные затраты на содержание и восстановление дорожных покрытий в зависимости от интенсивности движения (на 1 км дороги в тыс. руб.)

Наименование покрытий	Интенсивность движения, авт/сут					
	200 и менее		200...500		500...1000	
	С	В	С	В	С	В
Черные щебеночные шоссе	—	—	0,7	1,2	0,7	1,5
Щебеночные гравийные:						
из прочных каменных материалов	1,0	1,2	1,5	1,5	2,0	2,5
из каменных материалов слабых пород	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	3,0
Покрытия из грунтов, укрепленных битумом или дегтем	0,7	0,9	0,8	1,2	1,0	1,8
Грунтовые и профилированные улучшенные добавками	0,6	1,0	1,2	1,5	2,0	—

Примечание. С — содержание; В — восстановление.

## Глава 4. ЛЕСОВОЗНЫЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ

### 4.1. Классификация лесовозных железных дорог

По объему вывозимых грузов железнодорожный транспорт занимает второе место. Грузооборот лесовозных железных дорог составляет 5,5 млн. т · км. Железные дороги различаются по ширине колеи. Колея 1435 мм является нормальной международной колеей. Дороги с большей шириной колеи называют *ширококолейными*, с меньшей — *узкоколейными*. В СССР стандартная ширина нормальной колеи для железных дорог общего пользования составляет 1520 мм, для узкоколейных лесовозных дорог — 750 мм.

В зависимости от грузооборота лесовозные железные дороги делятся на следующие категории:

нормальной колеи:

I категории — с годовым объемом вывозки более 2500 тыс. м<sup>3</sup>;

II категории — с годовым объемом вывозки до 2500 тыс. м<sup>3</sup>;

III категории — пути с маневровым характером движения;

узкоколейные:

I категории — с годовым объемом вывозки более 600 тыс. м<sup>3</sup>;

II категории — с годовым объемом вывозки 201...600 тыс. м<sup>3</sup>;

III категории — с годовым объемом вывозки до 200 тыс. м<sup>3</sup>.

Пути нижнего склада до места разветвления их к отдельным производственным участкам проектируются по нормам магистрали соответствующей категории, а после разветвления — по нормам веток.

Ветки железных дорог колеи 750 мм со сроком действия более 5 лет и объемом вывозки более 200 тыс. м<sup>3</sup> проектируются по техническим нормам для магистрали III категории. Ветки с объемом вывозки до 200 тыс. м<sup>3</sup> в год и усы проектируются по специальным нормам.

Железные дороги способствуют вовлечению в эксплуатацию крупных лесных массивов, удаленных от имеющихся путей транспорта, являются основным средством транзитной перевозки древесины и др.

### 4.2. Проектирование плана трассы железных дорог

План трассы железных дорог проектируется с учетом особенностей рельефа местности и представляет собой сочетание прямых и кривых участков. Прямые участки характеризуются длиной линии и ее направлением, а кривые — углом поворота и радиусом. От ра-

диуса закругления в плане зависят плавность движения поездов и размещение трассы в пространстве, а следовательно, и качество дороги. На кривых узкоколейных железных дорог применяются радиусы от 500...600 до 2000 м. При больших радиусах трудно обеспечить постоянство кривизны на криволинейных участках. Радиусы меньше 600 м приводят к увеличению длины линии.

На путях кратковременного действия, на усах и ветках не следует применять большие радиусы: они вызывают увеличение строительных затрат. В таких случаях могут использоваться допустимые значения минимальных радиусов.

В пределах одной дороги целесообразно применять кривые трех-четырех различных радиусов. Согласно ТУ ЛЗП—64, наименьшие значения допустимых радиусов приведены в табл. 4.1.

Табл. 4.1. Наименьшие допустимые радиусы кривых

Виды дорог	Наименьшая величина радиуса кривой, м	
	нормальные условия	трудные условия
Магистраль I и II категорий	400	200
Магистраль III категории	200	100
Ветки	200	80
Усы	100	80

В особо сложных топографических условиях, при подходах к станциям, нижним складам, искусственным сооружениям и в других случаях при соответствующем обосновании радиусы кривых допускается уменьшать до 100 м на магистрали и до 60 м на ветках и усах.

Прямые вставки между концами смежных переходных и круговых кривых, если переходные кривые не предусматриваются, по ТУ ЛЗП — 64 принимаются длиной не менее указанной в табл. 4.2.

Табл. 4.2. Наименьшая длина прямых вставок между кривыми, м

Виды дорог	В нормальных условиях при направлении кривых		В трудных условиях при направлении кривых в разные стороны
	в одну сторону	в разные стороны	
Магистраль I категории	45	30	15
Магистраль II и III категорий	25	15	15
Ветки	15	15	Не устраиваются

На усах прямые вставки могут не предусматриваться. На подходах к мостам длиной более 5 м и путепроводам с безбалластным пролетным строением прямая вставка между началом моста или

путепровода и начальными точками круговых или переходных кривых должна быть, как правило, не менее 10 м. В трудных условиях кривые, направленные в одну сторону, необходимо заменять одной общей кривой.

### 4. 3. Проектирование продольного профиля железных дорог

При проектировании продольного профиля лесовозных узкоколейных железных дорог необходимо правильно выбрать величину руководящего уклона, которая устанавливается на основе технико-экономических расчетов в соответствии с грузооборотом дороги, типом и мощностью локомотива, топографическими и другими местными условиями.

Для железных дорог нормальной колеи следует учитывать перспективы развития района и возможность включения проектируемой лесовозной дороги в сеть дорог МПС.

При назначении руководящего уклона без детальных технико-экономических расчетов в соответствии с ТУ ЛЗП — 64 его предельная величина в грузовом направлении на магистрали не должна превышать величин, указанных в табл. 4.3.

Табл. 4.3. Наибольшие уклоны в грузовом направлении

Виды дорог	Наибольшие уклоны в грузовом направлении при рельефах местности, ‰		
	равнинном и слабохолмистом	сильнохолмистом	горном
Дороги колеи 750 мм:			
магистрали I и II категорий	12	20	40
магистрали III категории	15	25	40
ветки и усы	40	40	40
Дороги колеи 1520 мм:			
магистрали I категории	12	20	20
магистрали II категории	12	20	40
ветки	30	30	40

Величина руководящего уклона  $i_p$  оказывает влияние на стоимость сооружения и эксплуатации дороги. Поэтому при выборе  $i_p$  необходимо учитывать следующее: чем больше грузооборот дороги, тем выгоднее уклон  $i_p$  делать более пологим; величина уклона  $i_p$  зависит главным образом от условий технологического процесса предприятия.

При назначении руководящих уклонов положе 6‰ необходимо проверять вес поезда на возможность трогания с места на площадке. Минимальное значение  $i_p$  в этом случае вычисляется по формуле

$$i_p \min \geq \omega_{тр} + i_{ос},$$

где  $\omega_{тр}$  — коэффициент сопротивления движению при трогании с места;  $i_{ос}$  — величина максимального подъема, допускаемая на остановочных пунктах, ‰.

Величина руководящего подъема в негрузовом направлении может приниматься большей, чем в грузовом, и устанавливается в соответствии с топографическими условиями местности.

Наибольшая величина уравнишенного уклона  $i_{ур}$  не должна превышать 40‰:

$$i_{ур} = \frac{F_k - P\omega'_0 - Q_{пор}\omega''_0}{P + Q_{пор}},$$

где  $F_k$  — расчетная сила тяги, Н;  $P$  — вес локомотива, Н;  $\omega'_0$  — коэффициент сопротивления движению локомотива;  $Q_{пор}$  — вес состава в негрузовом направлении, Н;  $\omega''_0$  — коэффициент сопротивления движению вагонов, сцепов.

При совпадении подъема с кривой величины руководящего и уравнишенного уклонов должны уменьшаться на величину эквивалентного уклона  $i_{эк}$ , определяемого по формулам:

$$\begin{aligned} \text{при } l_k \geq l_{п} \quad i_{эк} &= \frac{0,7}{R}; \\ \text{при } l_k < l_{п} \quad i_{эк} &= \frac{12,2\alpha}{l_{п}}; \end{aligned}$$

при расположении поезда на нескольких кривых

$$i_{эк} = \frac{12,2\Sigma\alpha}{l_{п}},$$

где  $l_k$  — длина круговой кривой, м;  $l_{п}$  — длина поезда, м;  $R$  — радиус круговой кривой, м;  $\alpha$  — угол поворота, рад.

В местах преодоления высотных препятствий при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается применение подъемов, больших руководящего, с введением на участках двойной тяги.

Подъем, для преодоления которого в составе поезда имеются два или более тягачей, называется *уклоном кратной тяги*  $i_{кр}$ . Его величина определяется из выражения

$$i_{кр} = \frac{nF_k}{nP + Q} - \omega_0,$$

где  $n$  — количество вагонов в составе грузового направления;  $Q$  — вес состава в грузовом направлении, Н;  $\omega_0$  — коэффициент средневзвешенного сопротивления движению поезда в грузовом направлении.

Наибольшие уклоны при тяге двумя локомотивами одинаковой мощности по ТУ ЛЗП—64 принимаются в соответствии с табл. 4.4.

На ветках в пересеченной местности при малых размерах движения допускается применение расцепочного подъема  $i_{расц}$  с вывозкой состава по частям

$$i_{расц} = \frac{F_k \cdot Q}{P + \frac{Q}{n}} - \omega_0.$$

Табл. 4.4. Наибольшие подъемы при двойной тяге локомотивами одинаковой мощности, ‰

Руководящий подъем	Наибольший подъем двойной тяги	Руководящий подъем	Наибольший подъем двойной тяги
5	11	15	29
6	13	16	30
7	15	17	32
8	17	18	34
9	18	19	35
10	20	20	36
11	22	21	37
12	24	22	38
13	26	23	39
14	28	24 и круче	40

Длина элементов продольного профиля железнодорожного пути назначается возможно большей. Наименьшая длина должна быть не менее половины длины поезда, а при длине поезда менее 200 м — не менее 100 м. В продольном профиле дорога проектируется в основном в насыпях. В зависимости от дорожно-климатической зоны и типа местности по характеру и степени увлажнения минимальное возвышение земляного полотна принимается согласно табл. 4.5.

Табл. 4.5. Минимальные высоты земляного полотна УЖД

Виды грунтов	Величина возвышения, м	
	над уровнем грунтовых или длительно (более 20 сут.) стоячих поверхностных вод — II и III тип местности	над поверхностью земли — II тип местности
Пески средние и мелкие, легкие супеси	0,7	0,5
	0,6	0,4
Пески пылеватые, супеси тяжелые	1,2	0,6
	0,8	0,5
Супеси пылеватые, суглинки тяжелые пылеватые, легкие пылеватые	1,9	0,8
	1,7	0,6
Суглинки тяжелые, глины пылеватые, песчаные и жирные	1,9	0,7
	1,4	0,6

Примечание. В числителе данные для II дорожно-климатической зоны, в знаменателе — для III.

Для обеспечения плавности движения поездов алгебраическая разность уклонов смежных элементов продольного профиля должна не превышать норм, приведенных в табл. 4.6.

При алгебраической разности смежных уклонов более 5‰ на магистралях и 8‰ на ветках смежные элементы продольного профиля должны сопрягаться вертикальными кривыми радиусом не менее 2000 м на магистрали и 1000 м на ветках.

Табл. 4.6. Наибольшая алгебраическая разность сопрягаемых уклонов и наименьшая длина разделительных площадок и элементов переходной крутизны

Вес состава брутто, МН	Алгебраическая разность сопрягаемых уклонов, ‰	Длина горизонтальных разделительных площадок и элементов переходной крутизны, м	Вес состава брутто, МН	Алгебраическая разность сопрягаемых уклонов, ‰		Длина разделительных площадок и элементов переходной крутизны, м	
				в углублениях и уступах профиля	на возвышениях профиля	в углублениях и уступах профиля	на возвышениях профиля
Колея 1520 мм						Колея 750 мм	
>500	8	350	>50	2,5	4	200	150
400...500	12	300	30...50	4	6	150	100
300...400	14	250	20...30	6	9	100	75
200...300	18	200	15...20	10	14	75	50
100...200	26	200	<15	14	20	50	50
<100	30	200					

Примечание. Приведенные в табл. 4.6 нормы для узкоколейных железных дорог рассчитаны для подвижного состава, оборудованного ручной сцепкой. При обращении на дорогах подвижного состава, оборудованного исключительно автосцепкой, допускается нормы алгебраической разности сопрягаемых уклонов увеличивать вдвое.

Для дорог колеи 1520 мм при алгебраической разности уклонов более 3‰ элементы профиля сопрягаются в вертикальной плоскости кривой радиусом не менее 5000 м.

Величина тангенса вертикальной кривой может быть определена по формуле

$$T = \frac{(i_1 - i_2) R}{2000} = \frac{\Delta i R}{2000},$$

где  $i_1$  и  $i_2$  — величины смежных уклонов элементов продольного профиля, ‰;  $R$  — радиус вертикальной кривой: при  $R=5000$  м  $T=2,5\Delta i$ ; при  $R=2000$  м  $T=\Delta i$ .

Переломы продольного профиля должны проектироваться вне горизонтальных переходных кривых, а также вне пролетных строений мостов и путепроводов на расстоянии не менее  $2,5\Delta i$  — для дорог колеи 1520 мм,  $\Delta i$  — для магистралей УЖД и  $0,5\Delta i$  — для веток. На усах они могут располагаться вне зависимости от плана линии.

На путях железных дорог всех категорий нормальной и узкой колеи при соответствующем обосновании, а также при смягчении подъемов на кривых переломы профиля допускается проектировать независимо от расположения кривых и расстояния до их начала.

#### 4. 4. Устройство и проектирование рельсовой колеи

Рельсовая колея определяется шириной, положением рельсовых нитей по уровню и подуклонкой рельсов.

Для обеспечения безопасности движения железнодорожный путь должен иметь установленную ширину колеи с небольшими допуска-



ми соответственно ходовым частям подвижного состава и, в частности, колесным парам. Ширина колеи измеряется специальными металлическими шаблонами между внутренними гранями головок рельсов ниже их поверхности на 10 мм.

Некоторые министерства и ведомства для промышленных путей приняли колею 1520 мм в качестве стандартной. На большинстве же промышленных путей — 1524 (+6; -4) мм.

Для узкоколейных железных дорог наиболее распространенной шириной является колея 750 мм. Уширение допускается 4 мм и сужение 2 мм. Изменение ширины колеи — не более 1 мм на метр пути.

Для плавного движения колес верх головок рельсов должен быть на одном уровне. Допускаемое понижение одной головки под другой составляет для широкой колеи 4 мм и для узкой — 2 мм. Места, в которых эти понижения имеют большие размеры, называются *просадками*.

На протяжении менее 25 м не допускается отклонение высоты рельсов, т. е. чтобы сначала правый рельс был ниже левого, а затем левый рельс ниже правого или наоборот. На таких местах, называемых *перекосами*, как и на просадках, возможен сход поезда с рельсов. Высоту рельсов проверяют по уровню на шаблоне.

В соответствии с коничностью колес 1/20 рельсы устанавливаются с подуклонкой 1/20. Придать это или другое значение можно и при плоских подкладках созданием необходимого уклона опорной площадки на шпале или наклейкой на деревянные шпалы клинчатых прокладок из бакелизированной фанеры, пластмасс, древесины твердых пород и т. д.

Допуски в содержании рельсовой колеи по шаблону, уровню и подуклонке регламентируются ПТЭ, Инструкцией по текущему содержанию железнодорожного пути и другими нормативными документами.

Колесная пара состоит из оси (рис. 4.1) и наглухо насаженных на нее колес. Расстояние  $t_{н.к}$  между внутренними гранями колес называется *насадкой*. Различают нормальную, узкую (наименьшую) и широкую (наибольшую) насадки колес на оси и ширину  $q_{ш.к}$  колесных пар, измеряемую между рабочими гранями гребней (реборд) колес.

Если на прямом горизонтальном участке установить в колею колесную пару (рис. 4.1), то между гребнями колес и боковыми гранями головок рельсов останутся зазоры  $\delta_1$  и  $\delta_2$ , которые не равны. Как видно из рисунка, ширина колеи на расчетном уровне может быть определена суммированием всех размеров цепочки

$$S_0 = q_{ш.к} + \delta_{ш.к} - \varepsilon_s,$$

где  $q_{ш.к}$  — ширина колесной пары, м;  $\delta_{ш.к}$  — суммарный зазор, м;  $\varepsilon_s$  — величина, учитывающая упругое изменение ширины колеи под нагрузкой, м.

Ширина колесной пары определяется по формуле

$$q_{ш.к} = t_{н.к} + h'_2 + h''_2 + 2\mu_r + \varepsilon_a,$$

где  $t_{н.к}$  — насадка колесной пары: для дорог колеи 1520 мм  $t_{н.к} = 1440 \pm 3$  мм, для УЖД  $t_{н.к} = 685 \pm 3$  мм;  $h_1, h_2$  — толщина гребней соответственно первого и второго колес, м;  $\mu_r$  — допуск на увеличение толщины гребня, м;  $\epsilon_q$  — величина, учитывающая изгиб осей колесных пар под нагрузкой, м.

Для широкой колеи толщина гребней чугуных вагонных колес без износа 36 мм, с износом 25, для прочих — соответственно 33 и 1

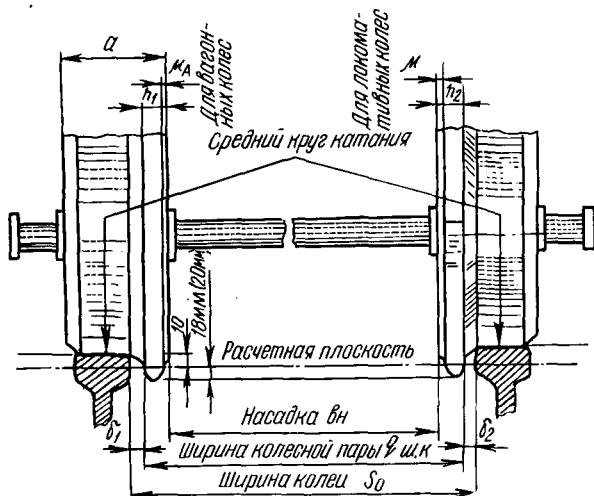


Рис. 4.1. Схема к расчету ширины железнодорожной колеи

25 мм. Для узкоколейных локомотивных колес — 25 и 16 мм, для прочих — 25 и 14 мм.

В зависимости от степени износа рельсов и колес различают следующие значения зазоров:  $\delta$  — нормальный при новых рельсах и колесах: для колеи 1520 мм  $\delta = 17...20$  мм; для колеи 750 мм  $\delta = 15$  мм;  $\delta_{\min}$  — минимальный при изношенных рельсах и новых колесах с учетом допускаемого сужения колеи: для колеи 1520 мм  $\delta_{\min} = 9...13$  мм, для колеи 750 мм  $\delta_{\min} = 8...10$  мм;  $\delta_{\max}$  — максимальный при неизношенных рельсах при минимальной ширине колесной пары и максимально допустимой ширине колеи: для колеи 1520 мм  $\delta_{\max} = 44...49$  мм, для колеи 750 мм  $\delta_{\max} = 40$  мм.

С возникновением под подвижной нагрузкой дополнительных упругих деформаций пути следует ограничиваться минимальными и нормальными зазорами.

Условие движения подвижного состава в кривых отличается от движения на прямых участках пути. В кривых малых радиусов из-за появления центробежной силы и условий вписывания возникает необходимость в ряде дополнительных устройств: возвышении наружного рельса; уширении колеи; устройстве переходных кривых; укладке укороченных рельсов.

При следовании подвижного состава по кривой возникает центробежная сила, направленная по радиусу в сторону от центра кривой. Если установить обе рельсовые нити в одном уровне, то равнодействующая центробежной силы и силы веса будет отклоняться к наружному рельсу, перегружая его. Для обеспечения примерно одинаковой нагрузки на каждую рельсовую нить в кривой и снижения бокового давления на рельсы наружной нити производится возвышение наружного рельса над внутренним, величина которого определяется по формулам и округляется до 5 мм:

для колеи 1520 мм

$$h = 162 \frac{v^2}{R};$$

для колеи 750 мм

$$h = 77,8 \frac{v^2}{R},$$

где  $v$  — скорость движения, м/с;  $R$  — радиус круговой кривой, м.

Максимальное возвышение наружного рельса в кривых не должно превышать 150 мм для широкой и 60 мм для узкой колеи. Отвод возвышения производится на участке длиной  $l_0 = h/i_0$ , располагаемом симметрично по отношению к началу круговой кривой. Уклон отвода принимается равным  $i_0 = 1\%$  в нормальных условиях и  $i_0 = 2...3\%$  — в стесненных. При большей крутизне длина отвода сокращается, но ухудшаются условия эксплуатации. Увеличение крутизны отвода можно допускать только на участках с небольшими скоростями.

Ширина колеи в кривых определяется условиями вписывания подвижного состава. Движение экипажа по кривой в каждый отдельный момент можно представить в виде поступательного движения в направлении его продольной оси и поворота около точки, называемой *центром поворота*, являющимся основанием радиуса, перпендикулярного к продольной оси жесткой базы. Ширина колеи в кривой для каждого радиуса должна обеспечивать нормальное, без чрезмерных давлений на рельсы вписывание всех видов подвижного состава. Нормы ширины колеи устанавливаются из расчета достаточно свободного вписывания самых массовых видов подвижного состава.

Определяющим минимально возможную ширину колеи данной кривой будет многоосный экипаж, имеющий наибольшую жесткую базу. Все другие экипажи будут проходить кривую по схеме свободного или принудительного вписывания.

При установлении размеров уширения в кривых и норм ширины колеи в зависимости от радиуса кривой учитывают вид и размеры подвижного состава и возможные скорости движения. Зная характеристику обращающихся по кривой экипажей, можно установить необходимую ширину колеи в кривых для каждого конкретного значения радиуса. Однако это вызвало бы значительные затруднения в содержании кривых по шаблону. Поэтому правилами технической

эксплуатации промышленных железных дорог установлено пять значений ширины колеи для ширококолейных дорог, унифицированных для определенных групп радиусов кривых, и четыре значения для узкоколейных (табл. 4.7...4.8).

Табл. 4.7. Размеры колеи в кривых ширококолейных железных дорог

Радиусы кривых, м	Нормальная ширина колеи, мм	Уширение колеи в сравнении с прямыми, мм	Допуски содержания колеи для путей, мм			
			постоянных		временных	
≥350	1524	0	+6	-4	+10	-4
349...300	1530	6	+6	-4	+10	-4
299...150	1540	16	+6	-4	+10	-4
149...100	1545	21	+6	-4	+6	-4
≤99	1550	26	+3	-3	+3	-3

Табл. 4.8. Ширина колеи в кривых узкоколейных железных дорог

Радиусы кривых, м	Нормальная ширина колеи, мм	Уширение колеи в сравнении с прямыми, мм	Допуски содержания колеи, мм	
			+4	-2
≥301	750	0	+4	-2
300...201	755	5	+4	-2
200...101	760	10	+4	-2
≤100	764	14	+4	-2

Как видно из таблиц, для кривых определенных радиусов размеры колеи строго регламентированы. Чтобы проверить геометрическую проходимость отдельных экипажей и сцепов для заданной кривой, применяются разработанные различные виды вписывания.

Ширина колеи в кривой при нормальном принудительном вписывании

$$S_{н.пр} = S_{пр} + \frac{\delta_{\min}}{2},$$

где  $S_{пр}$  — ширина колеи при принудительном вписывании, м;  $\delta_{\min}$  — минимальный зазор, м.

Ширина колеи при принудительном вписывании

$$S_{пр} = q_{ш.к} + f_n,$$

где  $q_{ш.к}$  — ширина колесной пары, м;  $f_n$  — наружная стрелка, т. е. расстояние от наружной нити кривой в середине жесткой базы до линии, соединяющей точку касания гребней крайних колес, м:

$$f_n = \frac{\left(\frac{l}{2} + b\right)^2}{2\left(R + \frac{S}{2}\right)},$$

$l$  — длина жесткой базы, м;  $b$  — забегание колеса на рельс крайних осей, м;  $R$  — радиус кривой, м;  $S$  — максимальная ширина колеи в кривой, м.

## Уширение железнодорожной колеи на кривой

$$e = S_{н.р} - S_0,$$

где  $S_0$  — нормальная ширина колеи:  $S_0 = 1520$  мм;  $S_0 = 750$  мм.

Ширина колеи в кривой, полученная по расчету, не должна быть менее ширины колеи в прямой и превышать максимальные значения колеи в кривой.

Возвышение наружного рельса в кривой делает невозможным сопряжение ее впритык с примыкающими прямыми. Для постепенного отвода возвышения наружного рельса, уширения колеи при переходе из прямой в круговую кривую, для предотвращения внезапного появления центробежной силы устраивают переходные кривые переменной кривизны.

На длине переходной кривой ее кривизна  $K$ , равная  $1/\rho$ , возрастает, т. е. переменный радиус кривизны  $\rho$  плавно уменьшается от бесконечно большого на прямой до  $R$  — радиуса круговой кривой.

Отвод возвышения на всем протяжении переходной кривой делается однообразным уклоном  $i$ .

Длина переходной кривой  $l_{п}$  связана с возвышением  $h$  и уклоном отвода возвышения зависимостью

$$i = \frac{h}{l_{п}}.$$

Уклон отвода возвышения  $i$  одинаков на всем протяжении кривой, поэтому величина возвышения рельсов наружной нити в любой точке на расстоянии  $l_x$  от начала переходной кривой будет

$$h_x = \frac{l_x}{l_{п}} h,$$

т. е. с увеличением  $l_x$  пропорционально увеличивается и возвышение  $h_x$ . В этом случае наклон единицы подвижного состава при проходе от начала переходной кривой до ее конца будет возрастать, а значит, и центробежная сила будет расти пропорционально  $l_x$ .

Следовательно, переходная кривая должна иметь такую форму, чтобы ее кривизна  $\frac{1}{\rho_x}$  изменялась пропорционально изменению длины  $l_x$ , т. е.

$$l_x = C \frac{1}{\rho_x} = CK,$$

где  $C$  — коэффициент пропорциональности, называемый *параметром переходной кривой*;  $K$  — кривизна кривой.

Таким свойством обладает кривая, называемая *радиоидальной спиралью*, уравнение которой в координатах  $x$  и  $y$  выражается в виде ряда

$$y = \frac{x^3}{6C} \left[ 1 + \frac{2x^4}{35C^2} + \frac{293x^8}{237\,000C^4} + \dots \right]. \quad (4.1)$$

Для практического использования удобнее, когда координаты радиоидальной спирали выражены через длину  $l_x$  и параметр  $C$ :

$$x = l_x \left[ 1 - \frac{l_x^4}{40C^2} + \frac{l_x^8}{3456C^4} - \dots \right]; \quad (4.2)$$

$$y = \frac{l_x^3}{6C} \left[ \frac{1}{3} - \frac{l_x^4}{168C^2} + \frac{l_x^8}{21120C^4} - \dots \right].$$

Вследствие того что  $l_n$  мало по сравнению с  $C$  и величины членов ряда быстро убывают, практически достаточно ограничиваться первыми двумя членами (в скобках). Если ограничиться только одним первым членом, то из формулы (4.1) получим

$$y = \frac{x^3}{6C}.$$

Это уравнение кубической параболы, которым пользуются при разбивке переходных кривых.

В связи с тем что  $x = l_x$ , создается погрешность, равная величине второго члена ряда в формуле (4.2). Задаваясь обычной относительной погрешностью 0,001, получим условия применения кубической параболы:

$$R^2 \geq 5C, \text{ или } R \geq 2,23 \sqrt{C}, \text{ или}$$

$$R \geq 5l_n, \text{ так как } C = Rl_n.$$

При малых углах поворота применение переходных кривых невозможно. Минимальная величина поворотов, определяющая возможность разбивки переходных кривых, устанавливается из формулы

$$\alpha^\circ \geq 57,3 \frac{C}{R^2}.$$

Если угол поворота меньше полученной величины, радиус закругления должен назначаться таким, чтобы не было необходимости в применении переходной кривой.

При определении длины переходной кривой ее величина, полученная по формуле, округляется до стандартных размеров. Применение стандартных длин переходных кривых в сочетании со стандартными величинами радиусов позволяет при подготовке таблиц пользоваться ограниченным количеством величин параметров переходных кривых. Длина их назначается в зависимости от конфигурации профиля. Современные нормы делят участки пути по конфигурации профиля на скоростные зоны: углубления профиля и примыкающие к ним участки затяжных спусков, а также участки, проходимые груженными поездами хотя бы в одном направлении с максимальными или близкими к ним скоростями; зона, к которой относятся все остальные участки.

В зависимости от радиуса круговой кривой и скоростной зоны длины переходных кривых приведены в табл. 4.9.

Табл. 4.9. Длина переходных кривых при категории путей, м

Радиус круговой кривой, м	Магистраль I и II категорий		Магистраль III категории	
	I зона скоростей	II зона скоростей	I зона скоростей	II зона скоростей
100	30...20	20...15	30...20	15...10
150	30...20	20...15	20...15	10...0
200	30...20	15...10	15...10	—
250	20...15	15...10	15...10	—
300	20...15	—	10...0	—
350...400	15...10	—	—	—
500...600	10...0	—	—	—

При отсутствии ограничений следует принимать большую длину переходной кривой.

Внутренняя рельсовая нить в кривой короче наружной, так как она имеет меньший радиус на величину расстояния между осями нитей. В связи с этим для сохранения одинакового количества рельсов и расположения их по наугольнику в кривой на внутренней нити укладывают укороченные рельсы. Укорочение внутренней нити по отношению к наружной

$$\epsilon_{в.н} = \frac{S_1 l_k}{R},$$

где  $S_1$  — расстояние между осями рельсов на кривой, м;  $l_k$  — длина круговой кривой, м.

Расстояние между осями рельсов на кривой

$$S_1 = S_0 + e + v_{г.р.},$$

где  $v_{г.р.}$  — ширина головки рельса, м.

При наличии переходных кривых следует учитывать величину уширения железнодорожного пути

$$\epsilon_1 = \frac{S_1 l_n^2}{2C},$$

где  $l_n$  — длина переходной кривой, м.

Общее укорочение внутренней нити железнодорожной колеи

$$\epsilon_{общ} = \epsilon_{в.н} + \epsilon_1.$$

Укорочение одного рельса на круговой кривой

$$\epsilon' = S_1 \alpha_1,$$

где  $\alpha_1$  — центральный угол, соответствующий одному рельсу:

$$\alpha_1 = \frac{l_p}{R + \frac{S_1}{2}}.$$

Укорочение одного рельса на переходной кривой

$$\epsilon'' = \frac{\epsilon_1}{n_p},$$

где  $n_p$  — число рельсов, укладываемых на переходной кривой:

$$n_p = \frac{\pi}{l_p},$$

$l_p$  — длина рельса, м.

Общее количество рельсов, укладываемых на круговой кривой,

$$N = \frac{l_k}{l_p}.$$

Общее количество рельсов, укладываемых на круговой и переходных кривых,

$$N_{\text{общ}} = N + 2n_p.$$

Общее количество укороченных рельсов

$$N_y = \frac{\varepsilon_{\text{общ}}}{k_{c.y}},$$

где  $k_{c.y}$  — стандартное укорочение, т. е. разница в длине между нормальным и укороченным рельсами.

Укороченные рельсы на внутренней нити кривой распределяются равномерно, чтобы несовпадение стыков по наугольнику не превышало половины величины стандартного укорочения.

#### 4.5. Земляное полотно

Земляное полотно сооружается из грунтов, которые служат и основанием, и материалом для его сооружения. Наиболее распространенные природные песчаные и глинистые грунты характеризуются гранулометрическим составом, представленным в табл. 3.43, 3.44.

По условиям расположения в земляном полотне грунты разделяются на следующие группы: каменные и щебенистые грунты; гравийные и песчаные; супесчаные; мелкозернистые супесчаные; суглинистые; глинистые, лёссовые.

Требования к грунтам для отсыпки насыпей земляного полотна для железных дорог те же, что и для автомобильных.

При проектировании земляного полотна в нормальных условиях применяются типовые поперечные профили. По индивидуальным проектам земляное полотно должно проектироваться в следующих случаях:

а) при расположении выемок в неблагоприятных инженерно-геологических условиях (в переувлажненных грунтах, при вскрытии водоносных горизонтов, на участках оползневых и неустойчивых когоров) или глубине их более 12 м;

б) при расположении насыпей на оползневых и неустойчивых косогорах, на поймах рек, на пересечении озер, болот, староречий и др.;

в) при возведении фильтрующих насыпей и намывным способом;

г) при разработке выемок в обильно обводненных грунтах, в толще лёссовидных грунтов, на крутых и неустойчивых косогорах,



в нескальных грунтах глубиной более 12 м и в скальных — более 16 м, при наклонном залегании горных пород с уклоном в сторону полотна круче 1 : 3 и в других неблагоприятных условиях;

д) при расположении земляного полотна в сейсмических районах.

На прямых участках пути ширина земляного полотна по верху принимается не менее указанной в табл. 4.10.

Табл. 4.10. Ширина земляного полотна на прямых участках пути

Наименование путей	Ширина земляного полотна по верху, м	
	из всех грунтов, за исключением скальных, крупнообломочных и песков	из скальных, крупнообломочных и песчаных грунтов, кроме мелких и пылеватых песков
Магистраль I категории	4,3	3,8
Магистраль II категории	3,9	3,6
Магистраль III категории, станционные пути и пути нижних складов	3,5	3,3
Ветки со сроком службы более 5 лет	3,2	3,0
Ветки со сроком службы до 5 лет	3,0	2,7
Усы	2,7	2,4

Примечания: 1. Ширина земляного полотна для насыпей на слабых основаниях устанавливается с расчетом обеспечения требуемых таблицей норм после полной осадки.

2. В выемках в скальных грунтах, а также при устройстве подпорных стенок ширину земляного полотна допускается уменьшать. При этом расстояние от оси пути до откосов в уровне подошвы шпал должно быть не менее 2,25 в одну сторону и 2 м в другую. В таких выемках через каждые 300 м в шахматном порядке проектируются камеры шириной 4 м, глубиной 2 и высотой 2,8 м. В промежутках между ними через каждые 60 м проектируются ниши шириной 3 м, глубиной 1 и высотой 2 м.

Ширина земляного полотна на отдельных пунктах устанавливается в соответствии с проектируемым путевым развитием. Расстояние от оси крайнего станционного пути до бровки земляного полотна должно быть не менее половины ширины полотна, принятой на перегоне, а на стрелочных улицах и вытяжных путях — не менее 2,75 м.

На кривых участках пути  $R \leq 600$  м на дорогах I и II категорий и  $R \leq 300$  м на дорогах III категории земляное полотно уширяется с наружной стороны на 0,15 м. На усах ширина земляного полотна в кривых не увеличивается.

Поперечное очертание верха однопутного земляного полотна проектируется в виде трапеции шириной по верху 1,2 м и высотой на магистрали I и II категорий — 0,10 м, а на дорогах III категории и ветках — 0,06 м.

В скальных и хорошо дренирующих грунтах земляное полотно по верху проектируется горизонтальным. Поперечное очертание земляного полотна станционных площадок в зависимости от мест-

ных условий и числа путей проектируется односкатным или двухскатным. Поверхности земляного полотна и балластной призмы придаются следующие уклоны в сторону водоотвода:

при дренирующих грунтах земляного полотна	5...10‰
при недренирующих грунтах земляного полотна:	
в районах с малым увлажнением	10...15‰
в районах с большим и средним увлажнением	15...20‰

В обоснованных случаях поверхность земляного полотна может проектироваться с уклоном до 30‰.

Крутизна откосов земляного полотна насыпей и выемок назначается в зависимости от свойств грунтов, геологических и климатических условий местности, намечаемых способов производства ра-

Табл. 4.11. Крутизна откосов насыпей

Характеристика насыпей	Крутизна откосов при высоте насыпи до, м	
	6	12
Насыпи из камня слабоветривающихся скальных пород	1:1...1:1,3	1:1,3...1:1,5
Насыпи из крупного и средней крупности песка, гравия, гальки, щебенистых и дресвяных грунтов, металлургического шлака	1:1,5	1:1,5
Насыпи из мелкого и пылеватого песка, глинистых грунтов, лёсса и лёссовидных суглинков	1:1,5...1:1,75	Верхняя часть высотой 6 м: 1:1,5...1:1,75. Нижняя часть высотой до 6 м: 1:1,75...1:2
Насыпи из мелкого барханного песка в условиях засушливого климата	1:2,0	1:2,0

Табл. 4.12. Крутизна откосов выемок

Характеристика выемок	Высота откоса до, м	Крутизна откосов
Выемки в глинах, суглинках, супесях и песках однородного напластования	12	1:1,5
Выемки в крупнообломочных (щебенистых, гравелистых и др.) грунтах в зависимости от характера напластования, свойств грунтов и высоты откосов	12	1:1...1:1,5
Выемки в слабоветривающейся скале при отсутствии трещиноватости и наклона пластов в сторону полотна	12	1:0,2
Прочие скальные выемки в зависимости от свойств грунтов, характера напластований их и высоты откосов	12	1:0,2...1:1,5
Выемки в сухих лёссах в районах с засушливым климатом	12	1:0,1...1:0,5
Выемки в лёссах вне районов с засушливым климатом	12	1:0,5...1:1,5
Выемки в мелких барханных песках	2	1:10,0
Выемки в мелких барханных песках	12	1:1,75

бот, а также в зависимости от высоты насыпи и глубины выемки. В благоприятных инженерно-геологических условиях крутизна откосов насыпей назначается согласно табл. 4.11, а выемок — табл. 4.12.

#### 4.6. Верхнее строение пути

Верхнее строение рельсового пути направляет движение тягового и прицепного составов, воспринимает сосредоточенное давление от колес подвижного состава и передает это давление с наибольшей равномерностью при наименьших деформациях на земляное полотно. В его состав входят рельсы, шпалы, балласт, скрепления и в необходимых случаях противоугольные устройства, переводные и мостовые брусья.

Рельсы непосредственно воспринимают давление и динамические нагрузки от колес подвижного состава. Давление составляет от 2 до 10 т и более на одно колесо, а удельное давление на шпалу — 2,0...4,0 МПа. Шпалы передают на балласт более сниженное давление — 0,2...0,5 МПа, балласт — на земляное полотно всего 0,08...0,15 МПа.

Для изготовления рельсов применяется как мартеновская, так и бессемеровская стали с содержанием углерода 0,35...0,80 %, серы не более 0,055 и фосфора не более 0,05 % — для мартеновской стали, а для бессемеровской соответственно не более 0,065 и 0,085 %.

Типы рельсов различаются по массе 1 пог. м. Для железных дорог нормальной колеи рельсы изготавливают четырех типов — Р43, Р50, Р65 и Р75, а для железных дорог узкой колеи — Р15, Р18 и Р24. Для лесовозных УЖД поставляют рельсы типов Р18 и Р24.

На основных направлениях железных дорог при сплошной замене в зависимости от грузонапряженности в путь укладывают новые рельсы трех типов Р75 (ГОСТ 16210—70), Р65 (ГОСТ 8161—63) и Р50 (ГОСТ 7174—65). На менее деятельных линиях имеются ранее уложенные рельсы типов Р43 (Iy), Ia, Р38 (IIa), Р33 (IIIa) и IVa. Утверждены новые стандарты на рельсы типа Р65—ГОСТ 8161—75, типа Р50—ГОСТ 7174—75. Очертание верхней поверхности головки рельсов по этим стандартам принято радиусами 15—80—500—80—15 мм. Кроме того, несколько увеличена толщина шейки под головкой. Остальные размеры сохранены такими же, как и в соответствующих ГОСТах.

Основные размеры и расчетные данные рельсов для железных дорог колеи 1520 мм приведены в табл. 4.13, для колеи 750 мм — в табл. 4.14.

Прейскурантом № 01-02, утвержденным Госпланом СССР, цены на новые рельсы установлены за единицу длины (за один метр или за один рельс), а доплата за термическую обработку за 1 т (табл. 4.15).

Самой распространенной конструкцией подрельсового основания являются шпалы. Они воспринимают вертикальные, боковые и продольные усилия от рельсов, упруго перерабатывают их и пере-

Табл. 4.13. Основные размеры рельсов колеи 1520 мм

Показатели	Р75 по ГОСТ 16210—70	Р65 по ГОСТ 8161—63	Р60 по ГОСТ 7174—65	Р43 по ГОСТ 7173—54	1а по ОСТ 119	Р38 по ГОСТ 3542—47	Р33 по ГОСТ 6726—53	IVа по ОСТ 122
Масса 1 пог. м, кг	74,44	64,64	51,63	44,65	43,57	38,42	33,48	30,89
Масса одного рельса, кг:								
длиною 12,5 м	930	807	645	558	544	480	418	386
длиною 25 м	1860	1615	1290	1116	—	—	—	—
Потребность в рельсах на 1 км пути (без километрового запаса), т	148,9	129,28	103,25	89,31	87,13	76,83	66,96	61,78
Площадь поперечного сечения рельса, см <sup>2</sup>	95,1	82,6	65,9	57,0	55,6	49,1	42,8	39,5
Момент инерции относительно го- ризонтальной оси, см <sup>4</sup>	4490	3548	2018	1489	1476	1223	968	751
Момент инерции относительно вер- тикальной оси, см <sup>4</sup>	661	569	375	260	284	209	167	120
Момент сопротивления рельса, см <sup>3</sup> :								
по низу подошвы	509	436	286	217	218	180	156	127
по верху головки	432	359	248	202	210	182	147	122
Высота профиля, мм	192	180	152	140	140	135	128	120,5
Ширина головки, мм	75	75	71,9	70	70	68	60	53,5
Ширина подошвы, мм	150	150	132	114	125	114	110	110
Нормальная длина рельса, м	25	25	25	12,5	25 и 12,5	25 и 12,5	25 и 12,5	12,5
Укороченная длина для кривых, м	24,92	24,92	24,92	12,46	12,38	12,46	12,42	12,46
	24,84	24,84	24,84	12,42	12,38	12,38	12,38	12,38

Табл. 4.14. Основные размеры рельсов колеи 750 мм

Показатели	Типы рельсов по ГОСТ 6368—52				
	P24	P18	P15	P11	P8
Масса 1 пог. м, кг	24,14	18,06	15,00	11,20	8,42
Масса одного рельса нормальной длины, кг	193	145	105	78	59
Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	30,75	23,07	19,16	14,31	10,76
Распределение металла по элементам профиля от общей площади сечения, %:					
головка	45,5	43,9	45,0	42,9	34,3
шейка	21,9	19,3	19,1	23,3	24,9
подошва	32,6	36,8	35,9	33,8	40,8
Момент инерции относительно осей, см <sup>4</sup> :					
горизонтальной	468	240	222	125	59
вертикальной	81	47	32	15	10
Момент сопротивления, см <sup>3</sup> :					
по низу подошвы	87	56	49	32	21
по верху головки	88	51	48	30	16
по боковой грани подошвы	17,5	10,3	8,3	4,58	3,56
Высота профиля, мм	107	90	91,5	80,5	65
Ширина головки, мм	51	40	37	32	27
Ширина подошвы, мм	92	80	76	66	54
Отношение ширины подошвы к высоте профиля	0,86	0,89	0,83	0,82	0,83
Отношение момента инерции к погонному весу профиля относительно осей, см <sup>4</sup> /кг:					
горизонтальной	18,3	13,3	14,8	11,2	7,0
вертикальной	3,16	2,61	2,13	1,34	1,19
Нормальная длина рельса, м	8	8	7	7	7
Укороченная длина для кривых, м	7,875	7,875	6,900	6,900	6,900

Табл. 4.15. Оптовые цены на рельсы (рельсы франко-вагон станция назначения), руб.

Тип рельса	Род стали	Одного рельса длиной 25 м		1 пог. м рельса	
		I сорта	II сорта	I сорта	II сорта
P75	Мартеповская	196	157	7,85	6,25
P65	То же	171	137	6,84	5,48
P50	»	135	108	5,40	4,32
P50	Бессемеровская	118	94	4,72	3,79
P43	То же	102	82	4,08	3,28

дают на балластный слой, а также обеспечивают неизменность ширины колеи. Назначением шпал определяются и требования, предъявляемые к ним: прочность, упругость (по возможности одинаковая у всех), экономичность. Кроме того, шпалы должны обладать достаточно большим сопротивлением прохождению электрического тока, так как на участках с автоблокировкой между рельсовыми нитями, используемыми в качестве рельсовых цепей, имеется на-

пращение, и сигнальный электрический ток не должен переходить через шпалы от одной рельсовой нити к другой.

Деревянные шпалы — наиболее распространенный вид рельсовых опор на сети железных дорог. Это объясняется высокой степенью их соответствия предъявляемым требованиям, особенно по упругости, несложностью изготовления, удобством прикрепления рельс, большим сопротивлением электрическому току. В соответ-

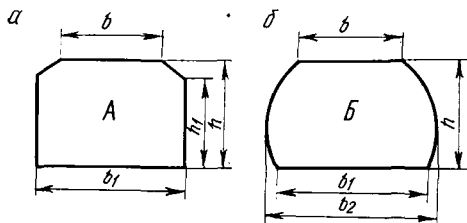


Рис. 4.2. Поперечные сечения шпал для дорог колеи 1520 мм:

а — обрезные; б — необрезные

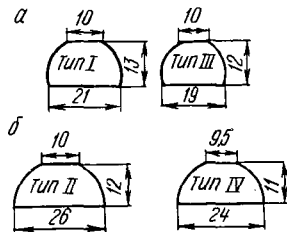


Рис. 4.3. Поперечные сечения шпал для дорог узкой колеи:

а — брусковые; б — пластинные

ствии с ГОСТ 78—65 для дорог широкой колеи они изготавливаются трех типов.

По форме поперечного сечения шпалы подразделяются на два вида: А (обрезные) — пропилены четыре стороны; Б (необрезные) — пропилены две противоположные стороны. Длина шпалы должна быть 2750 мм. Форма поперечного сечения показана на рис. 4.2, а основные размеры приведены в табл. 4.16.

Табл. 4.16. Размеры деревянных шпал для дорог колеи 1520 мм

Типы шпал	Размеры шпал, мм (ГОСТ 78—65)					Объем одной шпалы, м <sup>3</sup>	Масса одной шпалы, кг
	h	b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>		
IA	180	165	250	—	150	0,123	71
IIA	160	160	230	—	130	0,101	58
IIIA	150	150	230	—	105	0,094	54
IB	180	165	250	280	—	0,134	77
IB	160	160	230	260	—	0,112	65
IIIB	150	150	230	250	—	0,101	58

Для железных дорог колеи 750 мм применяются четыре типа шпал. Стандартные размеры и формы поперечного сечения их приведены на рис. 4.3 и в табл. 4.17.

Деревянные шпалы изготавливают из сосны, ели, пихты, лиственницы, кедра, бука и березы. В зависимости от наличия пороков в древесине шпалы разделяются на первый и второй сорт.

Кривизна вдоль шпалы допускается: в вертикальной плоскости — со стрелой прогиба не более 10 мм, в горизонтальной — не более 50 мм для первого и не более 100 мм для второго сорта.

Табл. 4.17. Размеры деревянных шпал для дорог колеи 750 мм

Форма поперечного сечения шпал	Толщина (высота), см	Ширина в тонком конце, см		Диаметр, см	Момент инерции, см <sup>4</sup>	Момент сопротивления, см <sup>3</sup>	Площадь сечения, см <sup>2</sup>
		верхней постели	нижней постели				
Брусковые I	13	10	21	22	3206	458	253
То же III	12	10	19	20	2378	353	215
Пластинные II	12	10	26	26	2906	434	259
То же IV	11	9,5	24	24	2025	329	226

До укладки в путь шпалы должны быть пропитаны на заводах специальными антисептиками. На одном торце каждой шпалы отбойным клеймением или стойкой краской по трафарету указывают марку и сорт шпалы. Шпалы должны храниться на складах в штабелях.

Балластный слой является основанием для рельсовых опор. Основное назначение — обеспечение вертикальной и горизонтальной устойчивости рельсо-шпальной решетки при воздействии на нее динамических поездных нагрузок без накопления или с минимальным накоплением остаточных деформаций; выравнивание поверхности земляного полотна и верхних постелей шпал; смягчение ударов колес подвижного состава о рельсы; отвод воды от земляного полотна, обеспечивающий уменьшение глубины промерзания его и предотвращающий пучины и деформации пути.

Толщина балластного слоя колеблется в пределах 10...25 см. Материал для балласта должен быть атмосфероустойчивым, прочным и устойчивым под нагрузкой, не должен дробиться и крошиться при уплотнении, не пылить при проходе подвижного состава, не размываться водой, не прорастать травой, обладать диэлектрическими свойствами, быть долговечным и дешевым. Для создания балластного слоя применяется щебень, гравий, песок, ракушка, асбестовые отходы, доменные шлаки. Одним из лучших балластных материалов является щебень. Щебеночный балласт изготовляют из естественного камня (ГОСТ 7392—70), из валунов и гальки (ГОСТ 7393—71) путем дробления и последующей отгрохотки с разделением на соответствующие фракции по зерновому составу.

Для укладки в главные пути целесообразно применять щебень нормальных фракций 25...60 или 25...50 мм. Кроме того, по ГОСТ 7392—70 предъявляются требования к процентному содержанию зерен различной крупности (табл. 4.18).

Щебень не рекомендуется укладывать непосредственно на земляное полотно из обычных грунтов, так как под воздействием нагрузки происходит взаимопроникновение щебня и грунта, что отрицательно сказывается на работе обоих элементов. Поэтому на земляное полотно укладывают песчаную подушку толщиной 20 см.

Под воздействием поездной вибрационной нагрузки происходит постепенное уплотнение балласта, характер которого зависит от

Табл. 4.18. Процентное содержание зерен различной крупности в щебне фракций 25...60 и 25...50 мм

Размер фракции щебня, мм	Полные остатки (%) по массе на ситах с диаметром отверстий, мм					
	70	60	50	40	25	0,1
25...60	0	0...5	14...40	40...67	95...100	99...100
25...50	0	0	0...10	30...60	95...100	99...100

начальной пустотности, зернового состава и формы зерна, от его прочности и других физико-механических свойств. Причем даже после предельного уплотнения балластного слоя осадки рельсошпальной решетки могут продолжаться за счет выпирания балласта в шпальные ящики и за торцы шпал.

Величина остаточной осадки рельсовой нити  $h$  может быть определена по следующей эмпирической формуле:

$$h = \frac{T}{aT + b} \text{ мм,}$$

где  $T$  — пропущенный тоннаж, млн. т брутто;  $a$ ,  $b$  — коэффициенты, зависящие от физико-механических свойств балласта, начальной его плотности, типа рельсов, вида подрельсового основания и величины осевой нагрузки.

В первый период работы балластного слоя основная доля осадок  $\Delta h$  происходит за счет уменьшения объема пустот  $n_0 - n$ , связанного с переупаковкой зерен и сколом острых их граней. При отсутствии выпирания зерен в шпальные ящики и за торцы шпал

$$\Delta h = \frac{h_0(n_0 - n)}{1 - n},$$

где  $h_0$  — начальная толщина слоя щебня в балластной призме;  $n_0$  — начальная пустотность слоя щебня;  $n$  — конечная пустотность слоя щебня.

Установлено, что предельная плотность, или минимальная пустотность, щебня составляет  $n_{\text{п}} \approx 0,33...0,34$ , бытовая пустотность щебня в балластной призме  $n_{\text{б}} \approx 0,35...0,43$  и начальная пустотность в насыпном состоянии  $n_{\text{н}} \approx 0,45...0,50$ . Таким образом, следует стремиться к уплотнению щебня до пустотности, приближающейся к  $0,33...0,34$ .

На лесовозных железных дорогах наибольшее распространение получили гравийный и песчаный балласты. Несущая способность карьерного гравия ниже, чем у щебеночного балласта, так как он не содержит дробленых зерен. Согласно ГОСТ 7394—70, наличие в гравии более 5% зерен размером 60...100 м нежелательно, так как это приводит к увеличению неравномерности остаточных осадок и объема выправочных работ. Гранулометрический состав гравийного балласта приведен в табл. 4.19.

При отсутствии фракции размером 60...100 мм зерен размером 3...60 мм должно быть не менее 51%. С этой же целью введено огра-



Табл. 4.19. Гранулометрический состав гравийного балласта

Размер зерен, мм	Содержание зерен разных размеров в гравии, % по массе
100...60	До 5
60...3	46...80
3...0,1	20...43
В том числе менее 0,5	До 14...22
То же 0,1	До 4...6
В том числе глинистых частиц	До 0,5...1

ничение содержания зерен слабых и кварцевых пород, допускается в первом случае — не более 15%, а во втором — не менее 50% от массы зерен размером 0,1...3 мм.

В песчаном и гравийно-песчаном балластах (ОСТ 32-2—72) по тем же причинам введено ограничение наличия зерен размером 60...100 мм (не более 10%) и как исключение — до 15% от общей массы балласта (табл. 4.20).

Табл. 4.20. Гранулометрический состав песчаного и гравийно-песчаного балластов

Размер зерен, мм	Содержание зерен разных размеров, % от общей массы
3...100, в том числе	0...80
60...100	0...10
>100	0
<3, в том числе	До 100
<0,5	До 49
<0,1	До 10
Глинистых частиц	До 2

Ракушечный балласт (ГОСТ 7395—70) представляет собой естественную смесь целых и обломанных морских ракушек. Применение его ограничивается локальными районами, прилегающими к морским побережьям, на линиях с небольшой грузонапряженностью и малыми скоростями движения.

В качестве асбестового балласта применяют отходы асбестовых обогатительных фабрик. По крупности он соответствует гравелистым крупнозернистым пескам, но существенно отличается от песчаного и гравийного балластов. Согласно техническим условиям ТУ-32 ЦП-254—72, отходы асбестового производства считаются пригодными для использования в качестве асбестового балласта, если они содержат зерен разных размеров в количествах, указанных в табл. 4.21.

Ширина балластной призмы на прямых участках лесовозных УЖД должна быть равной 1,7 м, а на ветках со сроком службы менее 5 лет и усах — 1,6 м. Толщина балластного слоя под шпалами зависит от нагрузки на оси локомотива (табл. 4.22). С уменьшением количества шпал толщина слоя должна увеличиваться.

Табл. 4.21. Гранулометрический состав асбестового балласта

Размер отверстий контрольных сит, мм	Полные остатки на ситах, % по массе	Размер отверстий контрольных сит, мм	Полные остатки на ситах, % по массе
25	0	1,6	20...70
12	0...20	0,5	50...90
6	5...40	0,1	<90

Табл. 4.22. Типы верхнего строения лесовозных УЖД

Виды дорог	Нагрузка на ось локомотива, кН	Тип рельсов	Количество шпал на 1 км пути	Толщина балластного слоя под шпалой, см
Магистрали:				
I категории	80	P24	1700	25
II категории	70...60	P24	1600	20
	80	P24	1700	25
	70...60	P18	1600	20
	45 и <	P18	1500	20
III категории	45 и <	P18	1500	15
Ветки, пути нижнего склада и приемо-отправочные станционные пути	80	P18	1600	20
	70...60	P18	1600	15
	45 и <	P18	1500	15
Прочие станционные пути	80	P18	1500	20
	70...60	P18	1500	15
	45 и <	P18	1400	15
Усы	45 и <	P18	1400	10

Объемная насыпная масса балластных материалов приведена в табл. 4.23.

Табл. 4.23. Объемная насыпная масса балластных материалов, т/м<sup>3</sup>

Наименование балласта	Состояние балласта			
	воздушно-сухой		влажный	
	рыхлый	плотный	рыхлый	плотный
Щебень	1,35...1,50	1,60...1,75	—	—
Гравий	1,80...2,00	2,20...2,40	1,95...2,05	2,50...2,65
Ракушка	1,20...1,55	1,65...1,85	1,25...1,60	1,75...1,85
Асбестовый	1,45	1,9	1,5	1,9
Песок	1,60...1,80	1,85...2,10	1,7...1,9	2,1...2,3

Объем балласта на 1 км пути без вычета объема, занимаемого шпалами, приведен в табл. 4.24.

Цены на балластные материалы установлены франко-вагон станция отправления и дифференцированы для каждого щебеночного завода и карьера (прейскурант МПС № 06-12-16 1972 г.). Средние значения цен за 1 м<sup>3</sup> в насыпном состоянии приняты следующие:

за щебень по ГОСТ 7392—70	2,2...3,4 руб.
за щебень по ГОСТ 7393—71	2,1...2,9 руб.
за карьерный гравий по ГОСТ 7394—70, а также за песок	0,50...0,80 руб.

Табл. 4.24. Объем балласта на 1 км пути, м<sup>3</sup>

Толщина балластного слоя под шпалой, м	Объем балласта на 1 км пути с учетом 5% на потери при ширине балластной призмы по верху	
	1,7 м	1,6 м
0,20	778,47	—
0,15	638,19	606,59
0,12	557,55	529,20
0,10	505,47	479,22

К рельсовым скреплениям относятся специальные детали верхнего строения пути: промежуточные, для прикрепления рельсов к шпалам; стыковые, для скрепления рельсов в стыках; противоугоны для противодействия угону пути в продольном направлении.

Принято различать следующие виды промежуточных рельсовых скреплений: а) простейшее, когда рельс опирают непосредственно на деревянную шпалу и прикрепляют к ней двумя-тремя костылями (или шурупами); б) нераздельное, когда между рельсами и шпалой укладывают металлическую подкладку, причем рельс и подкладку прикрепляют одними и теми же элементами (костылями или шурупами); в) раздельное, когда рельс прикрепляют к металлической подкладке, которая в свою очередь отдельными элементами прикрепляется к подрельсовому основанию; г) смешанное, когда подкладку прикрепляют к шпале отдельными элементами, а другими элементами прикрепляют к шпале рельс вместе с подкладкой.

Основными крепежителями промежуточных скреплений для деревянных шпал являются путевые костыли и шурупы. Наибольшее распространение получили костыли квадратного сечения, так как круглые способствуют образованию в шпалах трещин в большей мере, чем квадратные. Размеры и вес костылей для железных дорог колеи 750 мм приведены в табл. 4.25.

Для узкоколейных железных дорог применяются в основном плоские безребордные двухдырные подкладки, и только для рельсов типа Р24 изготовляют однорребордные клинчатые подкладки (табл. 4.26).

Внедрение бесстыкового пути на деревянных шпалах потребовало создания скреплений раздельного вида, обладающих значительным погонным сопротивлением. Основные элементы этого скрепления: двухребордная клинчатая подкладка, прикрепляемая к шпалам четырьмя путевыми шурупами, и две жесткие П-образные клеммы, которые с помощью клеммных болтов прижимают рельс к подкладке с силой 1000...2000 кг на клемму. При этом обеспечивается погонное сопротивление нити более 25 кг/см. Это позволяет полностью исключить угон пути, укладывать рельсовые плети на деревянные шпалы, что и является основным преимуществом этого скрепления. Однако оно имеет и недостатки. Скрепле-

Табл. 4.25. Размеры и вес костылей для железных дорог колеи 750 мм

Тип рельса	Размеры поперечного сечения, мм	Длина, мм			Размеры головки, мм			Масса одного костыля, кг
		полная	без головки	острия	высота	длина поперек рельса	ширина по углам	
P7 и P8	10 × 10	90	80	20	10	19	18	0,078
P11	11 × 11	100	89	22	11	21	20	0,099
P15 и P18	12 × 12	110	98	24	12	23	22	0,135
Удлиненные	12 × 12	135	123	24	12	23	22	0,163
То же	12 × 12	150	138	24	12	23	22	0,180
»	12 × 12	165	153	24	12	23	22	0,195
»	12 × 12	200	188	24	12	23	22	0,230
P24	14 × 14	130	114	28	16	28	23	0,210
P24 удлиненные	14 × 14	165	151	28	16	28	23	0,264
То же	14 × 14	200	186	28	16	28	23	0,318

Примечание. Допускаемые отклонения: по толщине  $\pm 0,5$  мм; по длине стержня  $\pm 3$  мм. Для узкоколейных железных дорог наиболее широкое распространение получили жесткие костыли сечением 12 × 12 мм (P15 и P18), 14 × 14 мм (P24) и длиной 110 и 130 мм соответственно.

Табл. 4.26. Подкладки для узкоколейных железных дорог колеи 750 мм

Тип рельсов	Размеры, мм		Толщина по оси, мм	Площадь подкладки без отверстий, см <sup>2</sup>	Вес подкладки, кг
	ширина	длина			
Одноробордные					
P24	200	100	15,0	194	2,23
Плоские					
P18	150	100	10,0	146	1,247
P15	132	100	9,0	128	0,905
P11	118	100	8,0	114	0,721

ние многодетально (19 шт.), металлоемко (вес одного комплекта 13,79 кг), сложно при сборке, разборке и эксплуатации пути. Кроме того, жестко прикрепляется рельс к подкладке и подкладка к шпалу. Под воздействием поездов эти соединения быстро расстраиваются.

#### 4.7. Расчет верхнего строения пути

**Общие положения.** В практике проектирования и строительства лесовозных дорог установлены нормативы, которыми следует руководствоваться при назначении типа рельсов, количества шпал на 1 км пути и прочих данных в зависимости от объема перевозок и принятого типа локомотива.

Иногда приходится производить поверочный расчет верхнего строения пути, например при получении новых типов локомотивов для использования на построенных путях, при повышении скоростей

движения, при устройстве временных путей с пропуском по ним тяжелых составов и т. д.

Всесторонний расчет верхнего строения пути при действии на путь динамических вертикальных и горизонтальных сил представляет значительную сложность, поэтому ограничиваются приближенными методами расчета, в основу которых принимаются следующие предпосылки.

1. Для характеристики работы основания пути принимают наиболее простую гипотезу о прямой пропорциональности между давлением на единицу площади основания шпал и вызываемой этим давлением упругой осадкой основания  $y$

$$P = Cy,$$

где  $C$  — коэффициент пропорциональности, называемый *коэффициентом постели* шпал,  $\text{H}/\text{м}^3$ .

Коэффициент постели является характеристикой упругости основания. Его величину можно рассматривать как вертикальную силу, приложенную к единице площади основания, вызывающую упругую осадку на 1 м.

Примерные значения коэффициента постели шпал,  $\text{MN}/\text{м}^3$ :

для грунтового основания без балласта	8...12
для песчаных балластов	15...40
для гравийных балластов	40...60
для щебеночного балласта	60...100

Приведенная гипотеза не учитывает вязких свойств основания.

2. Рельс считается неразрезной балкой бесконечной длины постоянного сечения, не ослабленного болтовыми соединениями. Рельсы рассчитывают на изгиб.

3. Вертикальные силы предполагаются приложенными в плоскости симметрии рельсов, а рельсы обеих нитей колеи — равнозатраженными.

4. При движении колес последние не отрываются от рельсов и ударные воздействия отсутствуют.

5. В качестве критерия прочности рельсов принимают допускаемые напряжения, сравниваемые с наибольшими расчетными напряжениями.

Напряжения и деформации, возникающие в рельсах, скреплениях, шпалах и балласте под воздействием внешних сил, определяются расчетом.

Расчет пути по способу, рассматриваемому рельс как балку, лежащую на сплошном упругом основании. При этом способе расчета действительную конструкцию пути из рельсов, опирающихся на отдельные шпалы, необходимо представить в виде условной балки с той же площадью опоры на сплошное упругое основание, что и действительный путь. Фиктивная ширина такой балки  $b_0$ , эквивалентная действительной площади опирания шпал на балласт, равна

$$b_0 = \alpha \frac{ab}{2l},$$

где  $a$  — длина шпалы, м;  $b$  — ширина нижней постели шпалы, м;  $l$  — расстояние между осями соседних шпал, м;  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий изгиб шпалы и представляющий отношение средней (по длине) осадки шпалы к ее осадке под рельсами: для деревянных шпал колеи 750 мм  $\alpha = 0,70 \dots 0,75$ ; для железобетонных —  $\alpha = 0,90 \dots 1,0$ .

Характеристикой упругих свойств основания рассматриваемой фиктивной балки является сила, приложенная к единице длины рельса, вызывающая единичную упругую осадку основания в сечении под рельсом. Такая характеристика упругости называется *модулем упругости* рельсового основания.

$$U = \frac{D}{l},$$

$$D = C \frac{ab}{2} \alpha,$$

где  $D$  — коэффициент жесткости шпалы.

$$U = C\alpha \frac{ab}{2l}.$$

Значение  $U$  для колеи 1520 мм принимается в пределах 15...35 МПа; для балластированных дорог узкой колеи  $U = 3 \dots 10$  МПа; для небалластированных —  $U = 1 \dots 2$  МПа.

Интенсивность реактивного отпора основания на единицу длины балки зависит от величины просадки балки и упругости основания

$$q = Uy,$$

где  $y$  — упругая осадка основания, м.

Рассмотрим изгиб бруса на сплошном упругом основании под воздействием одной вертикальной силы  $p$  (Н). За положительное направление оси  $y$  примем ее направление книзу.

Дифференциальное уравнение для изгибающего момента в сечении балки, удаленном от начала координат на расстояние  $x$ ,

$$M(x) = -EI \frac{d^2y}{dx^2},$$

где  $E$  — модуль упругости рельсовой стали, МПа;  $I$  — момент инерции рельсов, м<sup>4</sup>.

Поперечная сила равна

$$Q(x) = \frac{dM}{dx} = -EI \frac{d^3y}{dx^3},$$

а интенсивность реактивного погонного отпора

$$q(x) = \frac{dQ}{dx} = -EI \frac{d^4y}{dx^4}.$$

Приращение поперечной силы на участке длиной  $dx$  равно

$$dQ = qdx \text{ или}$$

$$\frac{dQ}{dx} = q = Uy.$$

Следовательно,

$$-EI \frac{d^4 y}{dx^4} = Uy.$$

После дифференцирования уравнения для изгибающего момента получим

$$M = \frac{p}{4k} \mu;$$

$$\mu = e^{-kx} (\cos kx - \sin kx);$$

$$\eta = e^{-kx} (\cos kx + \sin kx),$$

где  $p$  — давление колеса на рельс, Н;  $k$  — коэффициент относительной жесткости основания и рельса. Этот коэффициент является комплексной характеристикой конструкции верхнего строения пути при расчете рельсов по методу сплошного упругого основания: для дорог колес 1520 мм —  $k=0,009...0,015$ ; для колес 750 мм —  $k=0,007...0,020$ .

$$k = \sqrt[4]{\frac{U}{4EI}}.$$

Упругая осадка

$$y = \frac{pk}{2U} \eta.$$

Величина давления рельса на шпалу

$$Q = \frac{p}{2} k l \eta.$$

Максимальные значения прогиба, изгибающего момента и давления получим при  $x=0$ , когда  $\eta=1$ ,  $\mu=1$ . При единичном грузе, катящемся по рельсу, наибольшие значения  $y$ ,  $M$ ,  $Q$  получаются под самим грузом.

При движении подвижного состава на рельс действует не одна сила, а система сил, соответствующая расположению колес подвижного состава. В этом случае следует учитывать влияние каждой силы, представляющей собой давление колеса подвижного состава, на работу расчетного сечения пути.

В соответствии с расстоянием точек приложения грузов от расчетного сечения умножают значение каждой нагрузки  $\eta=f_1(kx)$  для прогибов и давлений и на  $\mu=f_2(kx)$  для изгибающих моментов.

Следовательно, при действии системы грузов значения  $M$ ,  $y$ ,  $Q$  для расчетного сечения пути могут быть определены из следующих выражений:

$$M = \frac{1}{4k} \left( p_1 \mu_1 + p_2 \mu_2 + p_3 \mu_3 + \dots + p_n \mu_n \right) = \frac{1}{4k} \sum_{i=1}^{i=n} p_i \mu_i;$$

$$y = \frac{k}{2U} \sum_{i=1}^{i=n} p_i \eta_i;$$

$$Q = \frac{kl}{2} \sum_{i=1}^{i=n} p_i \eta_i.$$

$\sum p_i \mu_i$  и  $\sum p_i \eta_i$  — эквивалентные грузы, заменяющие данную систему колес, соответственно первый для изгибающего момента, второй для прогибов и давлений на шпалу, а также при определении давления на находящиеся под шпалами балласт и земляное полотно.

Вертикальное давление колес на рельсы представляет собой сумму статического давления и различных значений составляющих вертикального давления (сил, обусловленных колебаниями наддрессоренных и неподдрессоренных масс, сил, возникающих на колесах в связи с работой машин и механизмов локомотива, сил, связанных с возвышением наружного рельса над внутренним).

Теоретические основы современного метода расчета динамических сил, действующих на рельсы, разработал проф. М. Ф. Вериго.

Расчетное максимальное вертикальное усилие, передаваемое от колес на рельсы, определяется по формуле

$$p_{\text{дин.мах}} = p_{\text{дин.ср}} + 2,5S = p_{\text{в}} + p_{\text{р.ср}} + p_{\text{ср.и.п}} + 2,5S,$$

где  $p_{\text{дин.ср}}$  — среднее динамическое давление:

$$p_{\text{дин.ср}} = p_{\text{в}} + p_{\text{ср.р}} + p_{\text{ср.и.п}};$$

$p_{\text{в}}$  — весовая составляющая вертикального давления (определяется по паспортным данным);  $p_{\text{ср.р}}$  — среднее значение составляющей вертикального усилия, обусловленное колебаниями наддрессоренных масс и дополнительным прогибом рессор;  $p_{\text{ср.и.п}}$  — среднее значение вертикальных составляющих сил инерции и пара (для ведущих колес паровоза);  $S$  — среднеквадратическое уклонение вертикального давления колеса на рельс, обусловленное всеми переменными силами:

$$S = \sqrt{S_{\text{в}}^2 + S_{\text{р}}^2 + S_{\text{и.п}}^2 + S_{\text{н.п}}^2},$$

$S_{\text{в}}$  — среднеквадратическое уклонение весовой составляющей от среднего значения (на лесовозных дорогах из-за неровностей на пути и колесах, неравномерностей нагрузок и др.). Можно принимать  $0,12 p_{\text{в}}$ ;  $S_{\text{р}}$  — среднеквадратическое уклонение вертикальной составляющей, обусловленное колебаниями рессор;  $S_{\text{и.п}}$  — среднее квадратическое уклонение вертикальной составляющей, обусловленное силами инерции и пара;  $S_{\text{н.п}}$  — среднеквадратическое уклонение, обусловленное неровностями пути.

Для определения напряжений в элементах пути расчетное максимальное динамическое давление при определении изгибающего момента равно

$$p'_{\text{эkv.мах}} = p_{\text{в}} + p_{\text{р.ср}} + p_{\text{ср.и.п}} + 2,5S + \sum \mu_i p_{\text{иср}},$$

а при определении давлений и просадок

$$p''_{\text{эkv.мах}} = p_{\text{в}} + p_{\text{р.ср}} + p_{\text{ср.и.п}} + 2,5S + \sum \eta_i p_{\text{иср}}.$$



При определении эквивалентного груза от группы колес находят максимальное динамическое давление по формуле для колеса, находящегося над расчетным сечением, а вертикальное усилие для смежных колес (учитывается их меньшее влияние на результаты расчета) принимают равным среднему динамическому, причем последнее слагаемое в формуле учитывается только для ведущих колес паровоза.

Наибольшие напряжения в кромках подошвы рельса определяются по формуле

$$\sigma_k = \frac{M}{W} = \frac{p'_{\text{экр. max}}}{4Wk}$$

Допускаемые динамические напряжения, МПа:

для рельсов I сорта 170

для рельсов II сорта 140

Динамические напряжения под рельсом на шпале

$$\sigma_{\text{ш}} = \frac{Q}{\omega} = \frac{kl}{2\omega} p''_{\text{экр. max}},$$

где  $\omega$  — площадь смятия шпалы, равная произведению ширины подошвы рельса на ширину верхней постели шпалы.

Допускаемые напряжения на смятие шпал, МПа:

сосновых, еловых, осиновых	2,5
пихтовых	2,0
буковых и березовых	4,0
кедровых	2,2
лиственничных	3,0

Наибольшее напряжение под шпалой на уровне ее нижней постели в балласте

$$\sigma_b = \frac{2Q_{\text{max}}}{aab} = \frac{kl}{aab} p''_{\text{экр. max}}$$

Допускаемые напряжения в балласте, МПа:

щебень 25...70 мм	0,5
щебень мелкий и сортированный гравий	0,4
карьерный гравий, ракушка	0,3
песок крупно-и среднезернистый	0,275
песок мелкозернистый	0,20
шлаки топливные	0,225

Напряжение в земляном полотне

$$\sigma_{\text{з.п}} = \frac{2\sigma_b}{1 + \frac{h^2}{bl}}$$

где  $h$  — толщина балласта под шпалой;  $b$  — ширина нижней постели шпалы;  $l$  — расстояние между шпалами.

Допускаемые напряжения в земляном полотне, МПа:

супеси, суглинки, твердые глины, мелкие и пылеватые пески	0,10
глины пластичные	0,07
торф слаборазложившийся	0,03...0,04

Полученные расчетом напряжения не должны превышать допускаемых значений, приведенных выше.

#### 4.8. Соединения и пересечения пути

Для перевода подвижного состава с одного пути на другой применяют специальные устройства, называемые *соединениями путей*. Основным видом таких устройств являются стрелочные переводы.

Стрелочные переводы могут быть одиночными, двойными и перекрестными, а одиночные — обыкновенными, симметричными, разносторонними и односторонними.

На небольших лесовозных узкоколейных железных дорогах бывает по 60...80 стрелочных переводов, которые состоят из деталей общим весом 800...1500 кг.

Применяются два типа обыкновенных стрелочных переводов: односторонний и симметричный. Наиболее часто укладываются односторонние стрелочные переводы.

Стрелочный перевод состоит из стрелки, служащей для направления движения и включающей два рамных рельса, два остряка и переводной механизм; крестовины с контррельсами, прикрепляемыми напротив нее вдоль наружных рельсов; соединительных путей из рельсов, лежащих между стрелкой и крестовиной, включающих прямой участок и соединительную (переводную) кривую.

Рамными рельсами называются наружные рельсы, к которым прижимаются передвижные остряки. Изготавливаются они из отрезков рельсов длиной от 3,5 до 6,5 м с дополнительными отверстиями в шейке для упорных болтов.

Остряки делают из обыкновенных рельсов или специальных с утолщенной шейкой и уменьшенной высотой. Острый конец называется *острием*, а другой — *корнем*. Угол, образуемый рабочими гранями пера и рамного рельса, называется *углом удара* или *стрелочным углом*. Величина его  $\beta$  (рис. 4.4) определяется из условия

$$\sin \beta = \frac{t + v_{г.р.}}{l_{oc}},$$

где  $t$  — зазор между наружной гранью остряка и внутренней гранью рамного рельса, м;  $v_{г.р.}$  — ширина головки рельса, м;  $l_{oc}$  — длина остряка, м. Для узкоколейных дорог минимальная величина зазора  $t$  составляет 55 мм.

Оба остряка соединяются тягой так, чтобы один из них был прижат к рамному рельсу, а другой — отжат. Для перемещения остряков применяют переводные механизмы, устанавливаемые у переднего конца их на двух длинных брусках (2,8...3,0 м). Пере-

водной механизм состоит из станины, противовеса и сигнальной стойки с фонарем или указателем, установленным на двух брусках.

Крестовина служит для свободного прохода реборд колес подвижного состава через пересечения рельсов и состоит из сердечника и усювиков (рис. 4.5). Крестовины могут быть сборными из нормальных рельсов, соединенных болтами и вкладышами, и литыми. Точка пересечения рабочих кантов сердечника называется *математическим центром крестовины*, а угол, образованный рабочими гранями сердечника, — *углом крестовины*. Определяется он из выражения

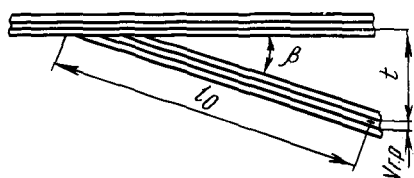


Рис. 4.4. Расчетная схема стрелочного угла

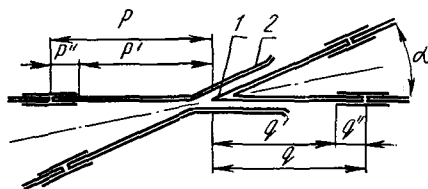


Рис. 4.5. Общий вид крестовины: 1 — сердечник; 2 — усювики

где  $N$  — знаменатель марки крестовины (от 5 до 15). От величины этого угла зависят все размеры крестовины.

Маркой крестовины называется отношение ширины сердечника в любом месте к расстоянию от этого места до математического центра крестовины. На железных дорогах узкой колеи применяются крестовины с маркой от  $1/5$  до  $1/9$ ; на дорогах широкой колеи до  $1/15$ .

Длина передней части крестовины  $p = p' + p''$ , где  $p'$  — расстояние от накладки до математического центра крестовины, м:  $p' = (50 + u - v_{г.р})N$ ,  $u$  — ширина подошвы рельса, м;  $p''$  — длина полунакладки, м.

Длина задней части крестовины  $q = q' + q''$ , где  $q'$  — расстояние от математического центра до накладки, м;  $q''$  — длина полунакладки, м:  $q' = (50 + u + v_{г.р})N$ .

Минимальная длина крестовины  $l_{кр} = p + q$ . В связи с применением вывозки в хлыстах осуществляется переход от марок  $1/7$  к маркам  $1/9$ .

Основные размеры элементов крестовины односторонних стрелочных переводов приведены в табл. 4.27, а симметричных — в табл. 4.28.

В соответствии с техническими указаниями по содержанию лесовозных железных дорог колеи 750 мм размеры желобов в стрелочных переводах должны быть: в корне остряка 57 мм, в горле крестовины 50, в желобе крестовины до сечения сердечника в 40 мм — 38 и на участке в прямой части контррельсов — 32; на отводах усю-

Табл. 4. 27. Основные размеры элементов крестовины односторонних стрелочных переводов

Тип крестовины	Тип контр-рельсов	Марка крестовины	Тип рельсов	Длина крестовины, м		
				передней части	задней части	всей
II	I	1/9	P24	0,947	1,832	2,779
III	II	1/9	P18	0,854	1,650	2,504
IV	II	1/8	P18	0,873	1,307	2,180
V	II	1/7	P18	0,814	1,280	2,094
VI	III	1/7	P15	0,814	1,280	2,094
VII	IV	1/6	P11	0,726	1,103	1,829
VIII	IV	1/5	P11	0,739	0,988	1,727

Табл. 4. 28. Основные размеры элементов крестовины симметричных переводов

Тип крестовины	Тип контр-рельсов	Марка крестовины	Тип рельсов	Длина крестовины, м		
				передней части	задней части	всей
I	I	1/8	P24	0,903	1,550	2,453
II	I	1/7	P24	0,814	1,281	2,095
III	II	1/7	P18	0,814	1,280	2,094
IV	II	1/6	P18	0,803	1,143	1,446
V	II	1/5,5	P18	0,705	1,050	1,800
VI	III	1/5	P15	0,750	1,150	1,900

виков и контррельсов — на входах 74 и в отведенной части 56 мм. Ширина колеи в стрелочных переводах должна быть: в стыках рамных рельсов, в крестовине и в конце переводной кривой — 750 мм; у острия остряка и в середине переводной кривой — 760 и в корне остряка — 755 мм. Ширина желоба между остряком и рамным рельсом

$$V = S_0 - S_{\min} - c_{\min},$$

где  $S_0$  — стандартная ширина колеи;  $S_{\min}$  — расстояние между ребрами, мм: для колеи 1520 мм — 1437 мм; для колеи 750 мм — 682 мм;  $c_{\min}$  — ширина реборды: для колеи 1520 мм — 22 мм; для колеи 750 мм — 14 мм.

Ширина желоба между рельсом и контррельсом

$$y = S_0 - S_{\max} - c_{\max} - \delta,$$

где  $S_{\max}$  — расстояние между ребрами, м: для колеи 1520 мм — 1443 мм; для колеи 750 мм — 688 мм;  $c_{\max}$  — ширина реборды, м: для колеи 1520 мм — 33 мм; для колеи 750 мм — 25 мм;  $\delta$  — запас на износ рельса:  $\delta = 2$  мм.

Ширина желоба между усовиками и сердечником крестовины

$$x = c_{\max} + S_{\max} - S_{\min} + \delta.$$

Основные расчетные размеры обыкновенного стрелочного перевода показаны на рис. 4.6. Линейные размеры перевода определя-

ются из уравнений, полученных проектированием всех его частей на вертикальную и горизонтальную оси.

Теоретическая длина стрелочного перевода — расстояние от начала острья до математического центра крестовины.

$$L_T = l_0 \cos \beta + b + n \cos \alpha,$$

где  $l_0$  — длина острья, м;  $\beta$  — стрелочный угол;  $b$  — проекция переводной кривой на ось абсцисс, м:

$$b = \left( R_{п.к} + \frac{S}{2} \right) (\sin \alpha - \sin \beta),$$

$R_{п.к}$  — радиус переводной кривой, м;  $S$  — ширина колеи у острья креста, м;  $n$  — прямая вставка, м:

$$n = \frac{S - l_0 \sin \beta - \left( R_{п.к} + \frac{S}{2} \right) (\cos \beta - \cos \alpha)}{\sin \alpha},$$

$\alpha$  — угол крестовины.

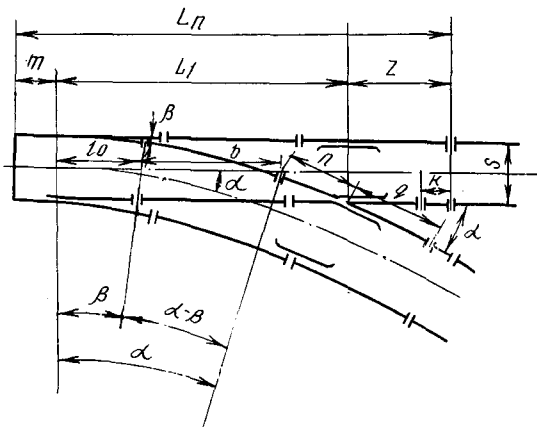


Рис. 4.6. Расчетная схема обыкновенного стрелочного перевода

Полная, или практическая, длина перевода включает дополнительно расстояние от стыка рамного рельса до начала острья  $m$ , длину задней части крестовины  $q$  и длину пригонного рельса  $k$ :

$$L_{II} = m + L_T + z,$$

где  $m$  — расстояние от стыка рамного рельса до острья пера, м:

$$m = m_0 a + \frac{c - \delta}{2},$$

$m_0$  — число пролетов, назначаемых при выборе рамного рельса:  $m_0 = 1 \dots 5$ ,  $a$  — расстояние между осями переводных брусьев, м;

$c$  — расстояние между осями переводных брусьев на стыках, м;  $\delta$  — стыковой зазор, м;  $L_T$  — теоретическая длина перевода, м;  $z$  — расстояние от математического центра до конца перевода, м:  $z = q + k$ ,  $q$  — длина задней части крестовины, м;  $k$  — длина вставки пригоночного рельса, м.

Длина переводной кривой

$$L_0 = \left( R_{п.к} + \frac{S}{2} \right) (\alpha - \beta).$$

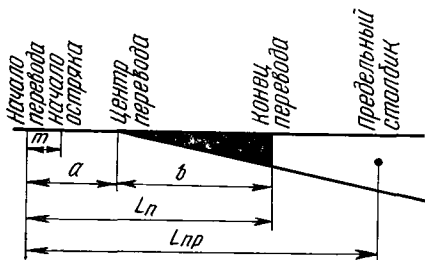


Рис. 4.7. Стрелочный перевод в осях

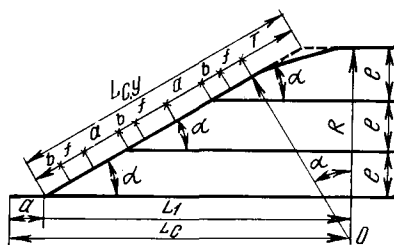


Рис. 4.8. Схема стрелочной улицы

По полученным расчетным данным вычерчивается масштабный план расположения всех элементов перевода, называемый *эпюрой перевода* (рис. 4.7). При составлении эпюры производится размещение всех брусьев с учетом положения стыков на весу и раскладка переводных брусьев с расстоянием между их осями 400...500 мм.

Расстояние от центра перевода до конца крестовины

$$b = SN + q,$$

где  $S$  — стандартная ширина колеи, м;  $N$  — знаменатель марки крестовины;  $q$  — расстояние от математического центра до конца крестовины, м.

Расстояние от начала рамного рельса до центра перевода, представляющего пересечение основного и примыкающего путей,

$$a = L_T - SN + m.$$

Расстояние от центра перевода до предельного столбика

$$L_{п.р} = \Gamma N.$$

Путь, на котором на определенных расчетных расстояниях расположен ряд различных стрелочных переводов, называется *стрелочной улицей* (рис. 4.8). При небольшом количестве путей, примыкающих к стрелочной улице, ее проектируют под углом, равным углу крестовины от основного пути или бокового. Расчет таких улиц

сравнительно прост и состоит в определении необходимых данных для разбивки и укладки (координат центров всех переводов).

Длина стрелочной улицы

$$L_{c.y} = nb + (n+1)(a+f) + f_1 + T,$$

где  $n$  — количество соединяемых путей;  $f$  — прямая вставка между двумя стрелочными переводами, м;  $f_1$  — прямая вставка последней улицы, м.

Расстояние между двумя центрами стрелочных переводов

$$d = \frac{e}{\sin \alpha},$$

где  $e$  — расстояние между соединяемыми путями, м;  $\alpha$  — угол крестовины.

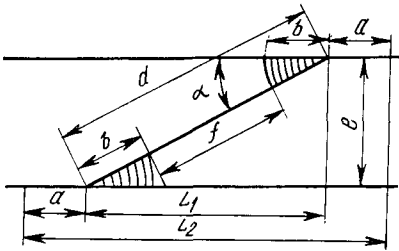


Рис. 4.9. Схема съезда

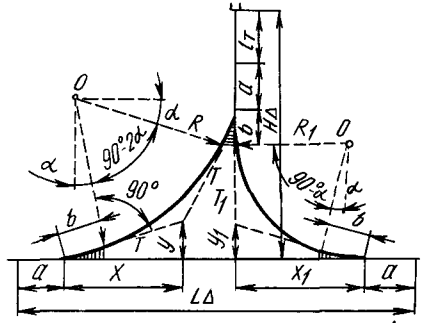


Рис. 4.10. Схема поворотного треугольника

Прямая вставка между двумя стрелочными переводами

$$f = d - (a + b),$$

где  $d$  — расстояние между двумя стрелочными переводами, м.

Прямая вставка последней улицы

$$f_1 = d - (b + T),$$

где  $T$  — тангенс кривой, м.

Полная длина соединения

$$L_c = L_1 + a,$$

где  $L_1$  — проекция стрелочной улицы на горизонтальную ось:  $L_1 = L_{c.y} \cos \alpha$ .

Для соединения двух близлежащих рельсовых путей посредством стрелочных переводов устраивают съезды, полная длина которых (рис. 4.9) определяется из выражения:

$$L_c = L_1 + 2a,$$

где  $L_1$  — проекция соединения на горизонтальную ось:

$$L_1 = \frac{e}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Такие съезды на железных дорогах получили наибольшее распространение: они просты по устройству, разбивке и нетрудоёмки по уходу.

Для смены направления движения подвижного состава в пунктах оборота устраиваются поворотные путевые устройства — поворотные круги, петли, треугольники. Поворотный треугольник (рис. 4.10) представляет основной вид путевого поворотного устройства. Для его устройства требуется площадка с ровной поверхностью. Для разбивки и укладки определяются элементы поворотного треугольника. Задаваясь значением минимального радиуса кривой  $R_1$ , определяют полную высоту поворотного треугольника

$$H_{\Delta} = b \sin \alpha + R_1 \cos \alpha + b + a + l_{\tau},$$

где  $b$  — расстояние от центра перевода до конца крестовины, м;  $R_1$  — радиус кривой, м;  $l_{\tau}$  — длина тупика, м:

$$l_{\tau} = l_{\Pi} + l_3,$$

где  $l_{\Pi}$  — длина единицы подвижного состава, м;  $l_3$  — запасная длина:  $l_3 = 3 \dots 5$  м. Величина радиуса поворотного устройства определяется по формуле

$$R_{\Pi.у} = \frac{R_1 \cos \alpha - b (\cos \alpha - 1)}{\sin (90^\circ - \alpha) - \sin \alpha}.$$

Полная длина основания поворотного треугольника

$$L_{\Delta} = 2(a + b \cos \alpha) + b \sin \alpha + R [\sin (90^\circ - \alpha) - \sin \alpha] + R_1 (1 - \sin \alpha).$$

Зная высоту и полную длину поворотного треугольника, можно найти необходимую величину площадки для устройства треугольника.



## Глава 5. ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

### 5.1. Классификация искусственных сооружений

Искусственные сооружения являются составной частью дорожной конструкции. Различают следующие искусственные сооружения:

по капитальности конструкции — капитальные, рассчитанные на длительный срок службы, и временные, предназначенные для непродолжительной эксплуатации;

по материалам — металлические, каменные и бетонные, железобетонные, деревянные;

по роду и расположению езды — автодорожные и железнодорожные, с ездой по верху и по низу;

по числу пролетов и очков — для мостов: однопролетные, двухпролетные и т. д.; для труб: одноочковые, двухочковые и т. д.;

по габаритам — габаритные, удовлетворяющие действующему габариту (табл. 5.1, рис. 5.1), и негабаритные, ограничивающие пропуск подвижного состава;

Табл. 5. 1. Габариты мостов на автомобильных лесовозных дорогах

Виды дорог	Габариты мостов	Расстояние в свету в метрах между		
		бордюрами, Г	элементами конструкций на высоте	
			3 м от верха проезжей части, Б	4,5 м от верха проезжей части, А
Магистраль лесовозных дорог I категории	Г-8	8	8,5	7
Магистраль лесовозных дорог II категории	Г-7	7	7,5	6
Магистраль лесовозных дорог III категории, ветки и усы, хозяйственные дороги, не имеющие выраженного грузооборота, зимние лесовозные дороги	Г-4,5	4,5	5	3,5

Примечания: 1. Ширина тротуаров назначается равной 0,75 м.

2. Высота колесоотбойного бруса (высота бордюра) на деревянных мостах принимается равной 0,15...0,2 м, а на мостах капитального типа — 0,3 м.

3. На дорогах с двухполосным земляным полотном при применении автопоездов с кониками, имеющими ширину более 2,75 м, габариты мостов увеличиваются на 1 м.

по длине и величине водосборной площади — для мостов: малые (длиной до 25 м включительно и водосборной площадью до 25 км<sup>2</sup>); средние (от 25 до 100 м длиной и от 25 до 100 км<sup>2</sup> водосборной площадью) и большие (длиной и водосборной площадью более 100 м и 100 км<sup>2</sup>). Для других искусственных сооружений такого деления не установлено.

Среди искусственных сооружений на лесовозных автомобильных дорогах наибольшее распространение получили малые мосты (деревянные и железобетонные), круглые трубы.

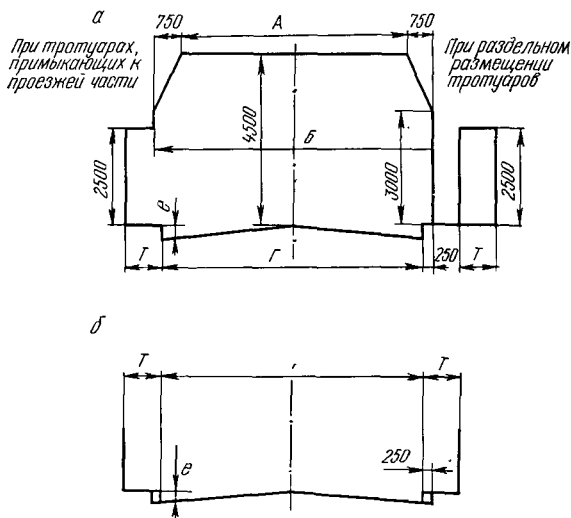


Рис. 5.1. Габариты приближения конструкций мостов на автомобильных дорогах:

а — с ездой по низу; б — с ездой по верху

Составными частями моста являются опоры и пролетные строения. Различают концевые опоры моста (устои) и промежуточные (быки). Концевые опоры в отличие от промежуточных поддерживают не только конец пролетного строения, но и примыкающую к мосту насыпь, предохраняют ее от обрушения. Опоры деревянных мостов бывают свайные, рамно-свайные, лежневые, рамно-лежневые (с заложением на подушке), клеточные быки и устои. Насыпь у моста заканчивается конусами.

Пролетное строение опирается на опоры. Расстояние между центрами опорных частей называется *величиной расчетного пролета*. Количеством и величиной расчетных пролетов выражают схему моста. Например, запись  $27 + 2 \times 32 + 18$  означает, что в мосту имеется одно строение с расчетным пролетом 27 м, два по 32 и одно 18 м. Запись схемы моста как и счет опор (начиная с нулевой) и пролетных строений (начиная с первого) ведут в направлении километража дороги.

Конструкция опор и пролетного строения зависит от вида и качества применяемого материала. Основными материалами при со-

оружии мостов на лесовозных дорогах являются древесина и железобетон.

Для изготовления несущих конструкций применяется бетон марки 200, 250, 300 при обычном армировании и марки 300, 400, 500 и 600 — при армировании с предварительным напряжением арматуры и первосортная, высококачественная древесина.

Размеры моста характеризуются длиной, величиной отверстия и высотой. *Длиной моста* называют расстояние между наружными (задними) гранями устоев. *Отверстие моста* — это суммарное расстояние в свету между всеми опорами на уровне расчетного горизонта водотока, а *высота моста* — возвышение дороги над обрезаем фундамента опор.

Для малых водотоков с расходом до 10 м<sup>3</sup>/с и действующих периодически (при выпадении дождей, таянии снега и т. д.) вместо мостов применяют водопропускные одиночные трубы. Трубы бывают железобетонные, бетонные, каменные, металлические и деревянные. Наибольшее распространение получили железобетонные круглые трубы с отверстиями 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5, 2 м. Отверстия и высота в свету труб должны быть, как правило, не менее 1 м, при длине трубы до 15 м — не менее 0,75, а на съездах и пересечениях — не менее 0,5 м. В стесненных условиях для пропуска воды по кюветам допускается устройство круглых труб отверстием 0,5 м и прямоугольных сечением 0,4×0,4 м.

Расчет мостов и труб на воздействие водного потока производится по расчетным расходам и соответствующим им уровням следующей повторяемости:

для дорог со сроком службы на вывозке леса более 20 лет:

мосты и трубы 1 раз в 50 лет

малые деревянные мосты 1 раз в 33 года

для дорог со сроком службы на вывозке леса

от 5 лет до 20 лет 1 раз в 33 года

для дорог со сроком службы на вывозке леса

до 5 лет 1 раз в 10 лет.

Расчет отверстий малых мостов и труб производится по расходам, определяемым согласно действующим указаниям и средним допускаемым скоростям течения воды, по допускаемым возвышениям низа конструкции сооружения и подтоплениям насыпей. Больших и средних мостов — по расходам, определяемым по натурным данным, с учетом возможного размыва и срезки грунта для увеличения рабочей площади под мостом. Следовательно, чтобы рассчитать величину отверстия искусственных сооружений, необходимо произвести гидравлический расчет, который включает определение расчетного расхода воды; установление подпора перед сооружением, по величине которого можно судить о том, затоплено или нет выходное отверстие сооружения и достаточно ли высота насыпи; определение глубины воды в сооружении, что дает возможность судить о соблюдении технических норм проектирования в отношении предельно допускаемого затопления отверстия; определение

глубины и скорости течения воды на выходе из сооружения с целью выбора мероприятий по защите русла от размывов и установление возвышения бровки земляного полотна на подходах к мостам, которая для малых мостов должна быть не менее 0,5 м над отметкой подпертого уровня при безнапорном режиме и не менее чем на 1 м для труб. диаметром 2 м и более при напорном и полунанпорном режимах.

## 5.2. Определение расчетного расхода воды для малых искусственных сооружений

Количество воды, стекающее к искусственному сооружению в единицу времени через живое сечение, называется *расходом* или *стоком*. Сток воды делят на поверхностный и подземный, или грунтовой. Поверхностный в свою очередь — на ливневый и от талых вод, или весеннего снеготаяния. Наибольший объем воды от одного ливня или снеготаяния, притекающий к искусственному сооружению за срок его работы, называется *расчетным расходом*.

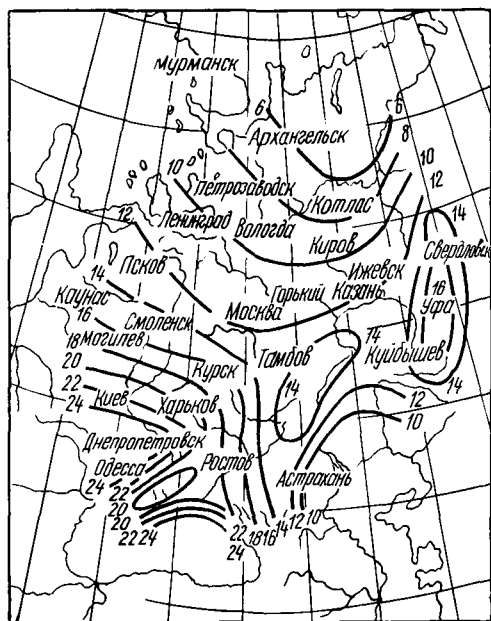


Рис. 5.2. Карта изолиний для определения климатического коэффициента А для Европейской части СССР

Территория, с которой поверхностные воды стекают к данному искусственному сооружению, называется *водосборной* или *бассейном водотока*. Граница бассейнов проходит по наивысшим точкам местности, называемым *водораздельными линиями* или *водоразделами*. Линия, соединяющая пониженные точки бассейна, носит название *лога* или *талвега*.

*Поперечным сечением русла* называют сечение русла вертикальной плоскостью, перпендикулярной направлению течения. *Живое сечение* — поперечное сечение, ограниченное сверху горизонтом воды.

*Расчетным горизонтом высоких вод* называют горизонт, по которому выполняется расчет сооружения. *Рабочей площадью* называют

площадь живого сечения в сооружении.

В дорожных проектных организациях при расчете ливневого стока получила широкое распространение упрощенная формула Союздорнии. Гипролестранс рекомендует применять метод НТК НКПС, по которому ливневый расход определяется по формуле

$$Q_{л} = \frac{AFm_1m_2\alpha}{n} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.1)$$

где  $A$  — климатический коэффициент, характеризующий количество осадков,  $\text{м}^3/\text{с}$ , выпадающих на  $1 \text{ км}^2$  площади бассейна в 1 с (определяется по карте изолиний с точностью до единицы, рис. 5.2 и 5.3);  $F$  — площадь бассейна, определяемая по карте, планом или обходом в натуре,  $\text{км}^2$ ;  $m_1$  — поправочный коэффициент на залесен-

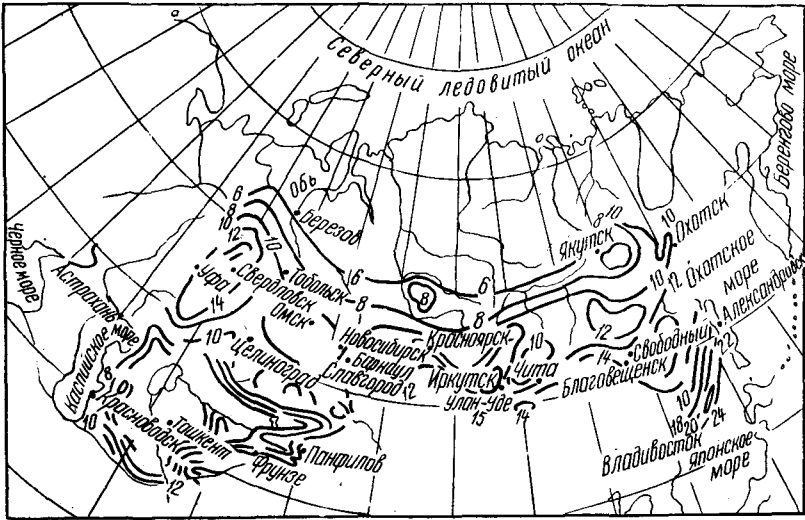


Рис. 5.3. Карта изолиний для определения климатического коэффициента  $A$  для Азиатской части СССР

ность (принимается по табл. 5.2);  $m_2$  — поправочный коэффициент на впитываемость почв (принимается по табл. 5.3);  $n$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от типа водоотводного сооружения и срока его службы (принимается по табл. 5.4);  $\alpha$  — коэффициент замедления стока (принимается по табл. 5.5 в зависимости от длины  $l$  и среднего уклона  $i$  бассейна).

Табл. 5. 2. Значение коэффициента залесенности  $m_1$

Характеристика бассейна	Коэффициент $m_1$
Залесенный и сильнозоболоченный	0,7
Залесенный и слабозоболоченный или покрытый почтой площадь пашней площадью $20 \text{ км}^2$	0,8
В остальных случаях	1,0

Средняя длина безрусловых склонов водосбора определяется по формулам:

при наличии боковых логов

$$l = \frac{1000F}{1,8(L + \sum l_6)} \text{ м};$$

при отсутствии боковых логов и двухскатном бассейне

$$l = \frac{500F}{L} \text{ м};$$

при односкатном бассейне

$$l = \frac{1000F}{L} \text{ м},$$

где  $L$  — длина главного лога (расстояние от сооружения до водораздела по главному тальвегу), км;  $\sum l_6$  — сумма длин боковых логов условной системы, км.

Табл. 5.3. Значение коэффициента на впитываемость почв  $m_2$

Характеристика бассейна	Коэффициент $m_2$
Сильнопроницаемые почвы, покрывающие большую часть площади бассейна (сыпучие пески при мощности залегания не менее 1 м; рыхлые осыпи из щебня и гальки; сильнотрещиноватые известняки и глины)	0,5
Хорошо впитывающие почвы (супеси, пески с маломощным слоем, мох при открытых заболоченных пространствах)	0,7
Средневпитывающие почвы (суглинки, чернозем)	1,0
Слабовпитывающие почвы (вечная мерзлота, близкая к поверхности 0,4...0,5 м, и скала без трещин, жирная глина)	1,3

Табл. 5.4. Значение коэффициента  $n$

Наименование искусственных сооружений	Коэффициент $n$
Мосты на постоянных опорах, кюветы и продольные канавы	1,25
Деревянные мосты при сроке службы более 10 лет, бетонные и железобетонные трубы, нагорные канавы	1,50
Деревянные мосты при сроке службы от 5 до 10 лет	1,75
Временные деревянные мосты и трубы при сроке службы до 5 лет и прочие водоотводные устройства, размыв которых не угрожает полотну	2,00

Средний уклон склонов бассейна определяют по формуле

$$i = \frac{\Gamma \sum l_r}{F},$$

где  $\Gamma$  — расстояние между смежными горизонталями на карте по высоте, м;  $\sum l_r$  — общая длина всех линий горизонталей в пределах площади бассейна, км.

Средняя ширина бассейна определяется по формуле

$$B = \frac{F}{L}.$$

Табл. 5. 5. Значение коэффициента замедления стока  $\alpha$

Длина бассейна $L$ , км	Средний уклон бассейна, $^{\circ}/_{\infty}$											
	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20	50	100
0	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,0	1,10	1,15	1,20	1,25
1	1,18	0,225	0,270	0,36	0,45	0,54	0,72	0,90	0,99	1,035	1,08	1,125
2	0,15	0,188	0,225	0,30	0,375	0,45	0,60	0,75	0,825	0,863	0,90	0,938
3	0,11	0,138	0,165	0,22	0,275	0,32	0,44	0,56	0,605	0,633	0,66	0,688
4	0,083	0,104	0,156	0,18	0,225	0,27	0,35	0,45	0,495	0,518	0,54	0,563
	0,09	0,113	0,135	0,18	0,225	0,27	0,36	0,45	0,495	0,518	0,54	0,563
5	0,066	0,083	0,108	0,144	0,185	0,222	0,296	0,37	0,407	0,426	0,444	0,463
	0,074	0,093	0,111	0,148	0,185	0,222	0,296	0,37	0,407	0,426	0,444	0,463
6	0,055	0,069	0,090	0,120	0,154	0,185	0,254	0,317	0,349	0,365	0,380	0,396
	0,063	0,079	0,095	0,127	0,159	0,190	0,254	0,317	0,349	0,365	0,380	0,396
7	0,047	0,059	0,079	0,103	0,132	0,159	0,218	0,272	0,308	0,322	0,336	0,350
	0,056	0,070	0,084	0,112	0,140	0,168	0,224	0,280	0,308	0,322	0,336	0,350
8	0,041	0,052	0,068	0,090	0,116	0,139	0,191	0,238	0,270	0,282	0,300	0,313
	0,050	0,063	0,075	0,100	0,125	0,150	0,200	0,250	0,275	0,282	0,300	0,318
10	0,033	0,041	0,054	0,073	0,093	0,110	0,152	0,190	0,216	0,225	0,240	0,250
	0,043	0,053	0,063	0,084	0,105	0,126	0,168	0,210	0,231	0,242	0,252	0,263

Примечания: 1. При  $A \leq 12$  значение коэффициента  $\alpha$  дано в числителе, а при  $A > 12$  — в знаменателе.  
 2. Для промежуточных значений  $L$  и  $i$  интерполяция коэффициента не делается, значение берется из таблиц для ближайших величин  $L$  и  $i$ .

Приток воды к искусственным сооружениям для гористых бассейнов при уклоне  $i$  более 100‰ определяется по формуле

$$Q_{\text{л}} = \frac{Gm_2kF^{3/4}}{n} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.2)$$

где  $G$  — коэффициент гористости, принимаемый: для слабохолмистых бассейнов при  $i < 10\text{‰}$  — 5; для сильнохолмистых бассейнов при  $i = 10 \dots 100\text{‰}$  — 8; для слабогористых бассейнов при  $i = 100 \dots 300\text{‰}$  — 12; для сильногористых бассейнов при  $i > 300\text{‰}$  — 15 ( $i$  — поперечный уклон местности к линии канавы, определяемый по карте, плану или нивелированием);  $k$  — климатический коэффициент.

Значения его принимаются следующие:

для Северного края	0,7
для Ленинградской области	0,9
для Европейской части СССР:	
восточные и юго-восточные районы	0,9
центральный район	1,0
западный	1,1
юго-западный	1,4
для Азиатской части СССР:	
Приморье	1,1
Центральная часть Дальнего Востока	0,9
Западная и Восточная Сибирь	0,8

Значение площади бассейна  $F^{3/4}$  приведено в табл. 5.6.

Табл. 5.6. Значение площади бассейна  $F^{3/4}$

$F$ , км <sup>2</sup>	$F^{3/4}$	$F$ , км <sup>2</sup>	$F^{3/4}$	$F$ , км <sup>2</sup>	$F^{3/4}$
0,005	0,0138	0,3	0,4059	11	6,04
0,006	0,0222	0,4	0,5035	12	6,447
0,007	0,0242	0,5	0,5943	13	6,846
0,008	0,0267	0,6	0,6819	14	7,238
0,009	0,0292	0,7	0,7654	15	7,622
		0,8	0,8459	16	8,00
0,01	0,0316	0,9	0,9241	17	8,372
0,02	0,0504			18	8,739
0,03	0,0721	1	1,0	19	9,10
0,04	0,0894	2	1,682	20	9,457
0,05	0,1058	3	2,28	30	12,82
0,06	0,1212	4	2,828	40	15,90
0,07	0,1360	5	3,344	50	18,80
0,08	0,1503	6	3,834	60	21,54
0,09	0,1643	7	4,308	70	24,20
		8	4,757	80	26,75
0,1	0,1781	9	5,196	90	29,22
0,2	0,2891	10	5,62	100	31,76

Определение весеннего стока воды от снеготаяния и весеннего дождя производится по формуле

$$Q_{\text{в}} = \frac{MF + 0,25Q_{\text{л}}}{n} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.3)$$



где  $M$  — модуль снегового стока, зависящий от площади и района расположения бассейна (определяется по табл. 5.7).

Табл. 5.7. Значения модуля снегового стока

Площадь бассейна, км <sup>2</sup>	Районы с сезонным промерзанием грунтов		
	Северо-Восток	Север	Сибирь
1	1,4	1,15	2,0
2,5	1,22	1,0	2,0
5	1,1	0,91	1,83
10	1,0	0,82	1,52
25	0,85	0,72	1,2
50	0,76	0,65	1,0

Примечание. Приведенные данные на районы вечной мерзлоты не распространяются.

При расчете малых искусственных сооружений определяются величины расходов от ливневого (формула (5.1) или (5.2)), снегового или смешанного стоков (формула (5.3)), а за расчетный — принимается больший из них.

### 5.3. Расчет отверстий малых мостов

При расчете отверстий малых мостов в первую очередь устанавливаются бытовая глубина  $h_b$  и бытовая скорость  $v_b$ .

Бытовая глубина определяется путем построения кривой расходов. Для этого на имеющийся поперечный профиль водотока (рис. 5.4, а) наносят не менее трех произвольно взятых горизонтов глубиной  $h_1$ ;  $h_2$ ;  $h_3$  и вычисляют соответствующие им гидравлические характеристики и расходы.

1. Площадь живого сечения: при трапециевидальной форме

$$\omega = bh + mh^2 \text{ м}^2;$$

при треугольной форме

$$\omega = h^2 \left( \frac{m_1 + m_2}{2} \right) \text{ м}^2,$$

где  $b$  — ширина потока, м;  $h$  — глубина потока, м;  $m$ ,  $m_1$ ,  $m_2$  — заложение откосов при трапециевидном и треугольном сечениях ( $m_1$  — заложение внутреннего откоса,  $m_2$  — наружного);

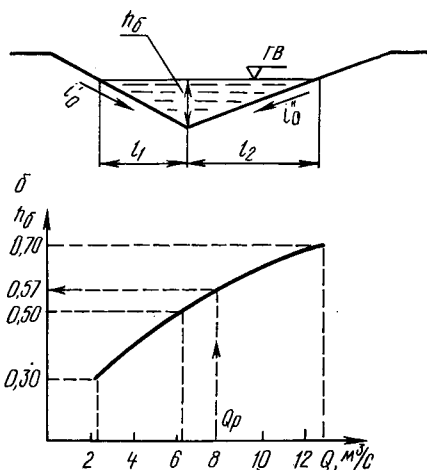


Рис. 5.4. Расчетные схемы:

а — схема поперечного сечения лога; б — кривая расходов воды в зависимости от бытовой глубины

2. Смоченный периметр живого сечения:  
при трапецидальной форме

$$\rho = b + 2h \sqrt{1 + m^2} \text{ м};$$

при треугольной форме

$$\rho = h \left( \sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2} \right) \text{ м};$$

3. Гидравлический радиус

$$R = \frac{\omega}{\rho} \text{ м.}$$

4. Средняя скорость потока

$$v = C \sqrt{Ri} \text{ м/с},$$

где  $R$  — гидравлический радиус живого сечения, м;  $i$  — продольный уклон лога перед сооружением (определяют по карте);  $C$  — скоростной коэффициент (коэффициент Шези), определяемый по формуле Н. Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (5.5)$$

$y$  — показатель степени, определяемый:  
по полной формуле

$$y = 2,5 \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \sqrt{R} (\sqrt{n} - 0,1);$$

по приближенным формулам

$$\text{при } R < 1 \text{ м} \quad y = 1,5 \sqrt{n};$$

$$\text{при } R > 1 \text{ м} \quad y = 1,3 \sqrt{n}.$$

Коэффициент шероховатости  $n$  определяется по табл. 5.8.

Табл. 5.8. Коэффициент гидравлической шероховатости

Характер поверхности грунта	Коэффициент шероховатости $n$
Земляные стенки в обычном состоянии	0,0225
Хорошее состояние поверхности русла, ровное, без местных углублений	0,0330
Земляное русло в относительно хорошем состоянии, частично заросшее, слабоизвилистое	0,0400
Засоренное и заросшее русло	0,0500

Зная площадь живого сечения для каждой глубины  $h_1, h_2, h_3$  и среднюю скорость течения, определяют соответствующий им расход по формуле:  $Q = \omega v \text{ м}^3/\text{с}$ .

На основании полученных данных в прямоугольных координатах строят кривую  $Q = f(h)$  (рис. 5.4, б). Отложив на оси  $x$  величину расчетного расхода  $Q_p$ , из полученной точки проводят вертикаль до пересечения с кривой расходов, из точки пересечения — горизонталь

до пересечения с осью ординат, величина которой соответствует бытовой глубине потока  $h_6$ .

После определения  $h_6$  вычисляют критическую глубину потока в искусственном сооружении

$$h_k = \frac{v_d^2}{g} \text{ м,}$$

где  $v_d$  — допускаемая скорость воды в сооружении, выбирается по данным табл. 5.9 в зависимости от типа грунта или принятого укрепления дна и глубины потока, м/с;  $g$  — ускорение силы тяжести:  $g=9,81 \text{ м/с}^2$ .

Табл. 5.9. Допускаемые скорости течения воды в естественных руслах и при различных способах их укрепления

Тип грунта или способ укрепления	Допускаемая скорость течения (м/с) при средней глубине потока, м			
	0,4	1,0	2,0	3,6
Пыль и ил	0,15...0,20	0,2...0,3	0,25...0,4	0,3...0,45
Песок	0,20...0,65	0,3...0,75	0,4...0,8	0,5...0,90
Гравий	0,50...1,00	0,06...1,2	0,7...1,35	0,75...1,5
Булыжник	2,00...3,50	2,4...3,8	0,75...4,3	3,10...4,65
Глина и суглинки	0,35...1,00	0,4...1,2	0,45...1,4	0,5...1,5
Одерновка плашмя	0,90	1,2	1,3	1,4
Одерновка в стенку	1,50	1,8	2,0	2,2
Мошение на мху	2,0...3,0	2,5...3,5	3...4	3,5...4,5
Мошение на щебне	2,5...3,5	3,0...4,0	3,5...4,5	4...5
Каменная наброска	3,0	3,5	4,0	4,5
Бутовая кладка	6,5	8,0	10,0	12,0
Бетон	5,0...7,0	6,0...8,0	7...9	7,5...10,0
Бетонный лоток	10,0...13,0	12,0...16,0	13,0...19,0	15,0...20,0
Деревянный лоток	8,0	10,0	12,0	14,0

В зависимости от соотношения  $h_6$  и  $h_k$  могут быть два вида протекания воды через сооружение и соответственно им две расчетные схемы при определении отверстия моста.

При  $\frac{h_6}{h_k} < 1,25$  происходит свободное истечение воды через сооружение. В этом случае имеет место водослив с незатопленным порогом (рис. 5.5,а). При  $\frac{h_6}{h_k} > 1,25$  устанавливается несвободное истечение воды, которое соответствует затопленному водосливу (рис. 5.5,б).

Величина отверстия малого искусственного сооружения при незатопленном водосливе определяется по формуле Бресса

$$b_0 = \frac{k_1 g Q_p}{\mu v_d^3} \text{ м,} \quad (5.6)$$

где  $k_1$  — коэффициент, учитывающий стеснение русла от промежуточных опор:  $k_1=1...1,2$ ;  $Q_p$  — расчетный расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\mu$  — ко-

эффицент бокового сжатия русла в зависимости от пролета (табл. 5.10).

Полученную по формуле (5.6) величину отверстия сооружения округляют до ближайшего типового значения, и проводится проверка режима работы искусственного сооружения.

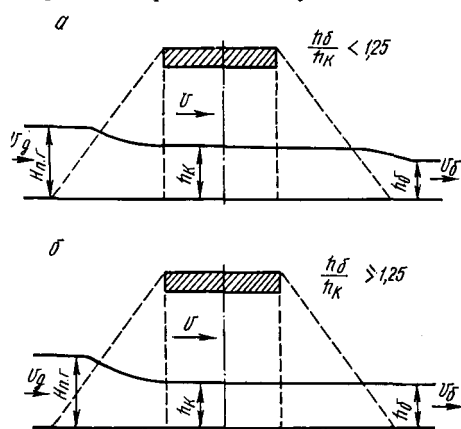


Рис. 5.5. Гидравлические схемы протекания воды через малое искусственное сооружение:

а — незатопленный водослив; б — затопленный водослив

Типовые проекты предусматривают следующие величины отверстий для деревянных мостов любых систем: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 12; 15 и 20 м. Однако если по расчету отверстие железобетонного или деревянного мостов получается менее 2...3 м, то рекомендуется применять трубы.

После окончательного выбора величины отверстия определяют фактическую скорость протекания воды в сооружении

$$v_{\phi} = \sqrt[3]{\frac{Qgk_1}{\mu b_0}}$$

Критическая глубина потока:

для трапецидального сечения

$$h'_k = \frac{b_0 - \sqrt{b_0^2 - 4m\omega_{\text{ср}}}}{2m}$$

где  $\omega_{\text{ср}}$  — фактическая площадь живого сечения потока, м<sup>2</sup>;

для треугольного сечения

$$h'_k = \frac{b_0}{2m}$$

Табл. 5.10. Коэффициент сжатия  $\mu$

Пролет, м	При совпадении ледохода с высоким историческим горизонтом	Без совпадения ледохода с высоким историческим горизонтом
4	0,75	0,80
6	0,80	0,85
10	0,85	0,90
20	0,90	0,95
30	0,95	0,96

Фактическую скорость воды под мостом  $v_{\phi}$  и полученную критическую глубину  $h'_k$  сравнивают с  $v_{\delta}$  и  $h_{\delta}$  и проверяют, остался ли водослив после округления величины отверстия работать по схеме незатопленного или же режим протекания воды в сооружении изменился.

При затопленном водосливе величина отверстия малого моста определяется по формуле и округляется в большую сторону до величины, кратной 1 м:

$$b = \frac{Q_p}{\mu v_d h_0}.$$

Далее определяют высоту подпертого горизонта перед сооружением, необходимую для определения отметки низа пролетного строения и минимальной отметки бровки земляного полотна у сооружения:

при незатопленном водосливе

$$H_{п.г} = \frac{3v_d^2 - v^2}{2g},$$

где  $v$  — средняя скорость течения воды по формуле (5.4), м/с; при затопленном водосливе

$$H_{п.г} = h_0 + \frac{v_d^2 - v^2}{2g}.$$

Зная величину  $H_{п.г}$ , определяют: минимальную высоту насыпи

$$H_n = H_{п.г} + \Delta,$$

где  $\Delta$  — возвышение бровки земляного полотна насыпи на подходе к мосту, в расчетах принимается не менее 0,5 м; минимальную высоту моста

$$H_m = H_n + K + t,$$

где  $K$  — конструктивная высота моста от низа пролетного строения для проезжей части по оси моста (принимается по табл. 5.11, 5.12);  $t$  — возвышение пролетного строения над подпертым горизонтом, м:  $t = 0,5$ .

По рассчитанным  $b_0$  и  $H_m$  подбирают, согласно типовым проектам Гипролестранса, соответствующий тип искусственного сооруже-

Табл. 5.11. Размеры основных элементов однопролетных деревянных мостов

Пролет в свету $l_0$ , м	Расчетный пролет $l_p$ , м	Длина моста на свайных опорах, м	Строительная высота $K$ для габаритов, м	
			Г-7	Г-8
1	1,3	2	0,41	0,42
2	2,3	3	0,46	0,47
3	3,3	4	0,49	0,50
4	4,3	5	0,52	0,53
5	5,3	6	0,55	0,54
6	5,8	6,5	0,57	0,58

Примечание. При лежневых опорах длина моста увеличивается на 0,3 м.

Табл. 5.12. Основные размеры малых мостов из сборного железобетона

Пролет в свету $l_0$ , м	Расчетный пролет $l_p$ , м	Полная длина пролетного строения $l$ , м	Строительная высота $K$ , м
2	2,18	2,6	0,36
3	3,22	3,6	0,40
4	4,26	4,6	0,44
5	5,29	5,6	0,47
17,5	8,40	8,66	0,87
10	11,10	11,36	0,97
12	13,70	14,06	1,02
15	16,30	16,76	1,17
20	21,60	22,16	1,42

ния. Далее определяется величина уклона в сооружении, необходимая для обеспечения принятых скоростей течения по формуле

$$i = \frac{v^2}{RC^2}. \quad (5.7)$$

Длина моста по настилу определяется по формуле

$$L_m = b + \sum d + 2m \left( H_m - \frac{h_6}{2} \right) + 2q,$$

где  $b$  — отверстие моста, м;  $\sum d$  — сумма ширин промежуточных опор, м;  $H_m$  — высота моста. Остальные размеры см. на рис. 5.6.

К расчету сооружения прилагается поперечный профиль водотока с нанесенной схемой рассчитанного искусственного сооружения (в осях) с приведением всех его размеров в масштабе 1 : 20...1 : 50 (см. рис. 5.6).

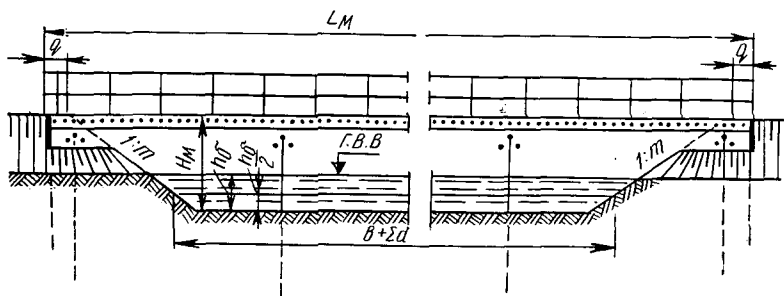


Рис. 5.6. Схема деревянного моста в осях

По окончании расчета искусственного сооружения необходимо проверить рабочие отметки на продольном профиле дороги у сооружения. Если принятые на продольном профиле высоты насыпей меньше, чем определено расчетом, вносят исправления в положение красной линии продольного профиля дороги.

## 5.4. Определение отверстий водопропускных дорожных труб

По форме поперечного сечения на лесовозных автомобильных дорогах применяют круглые, прямоугольные и треугольные трубы (рис. 5.7). Элементы труб: фундамент, звенья (или кольца), входной и выходной оголовки (рис. 5.8). Оголовки обеспечивают сопряжение звеньев с откосами земляного полотна и создают условия для нормального протекания воды в трубе. По характеру гидравлической работы и конструкции оголовки разделяются на порталные, раструбные, коридорные, воротниковые, обтекаемые (рис. 5.9). Первые четыре типа оголовков создают условия для безнапорного и полупапорного режимов протекания воды, а обтекаемые — для напорного и безнапорного.

Режимы протекания воды в трубах устанавливают в зависимости от величины расхода воды  $Q$  и отверстия трубы (рис. 5.10).

Безнапорный режим устанавливается в трубе, если  $H < 1,2 h_T$  (рис. 5.10, а). В зависимости от соотношения бытовой и критической глубин безнапорные трубы рассчитываются по схеме незатопленного и затопленного водослива с широким порогом. Наиболее часто встречается режим протекания воды в трубе, при котором безнапорные трубы работают по принципу незатопленного водослива. Расчет этих труб проводится по степени наполнения

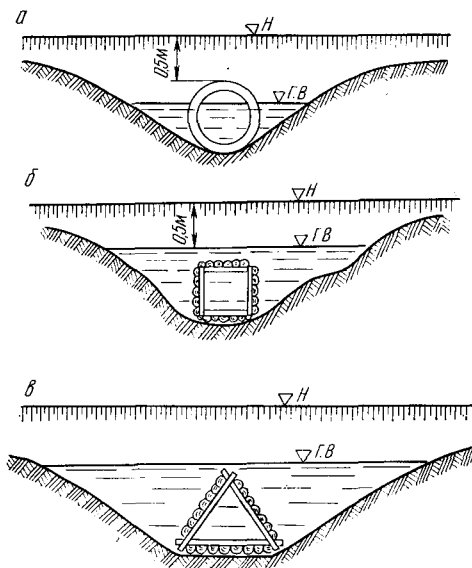


Рис. 5.7. Поперечное сечение водопропускных труб:

а — круглой трубы (безнапорной); б — прямоугольной (напорной); в — треугольной (напорной)

$$S_0 \geq \frac{H}{h_T},$$

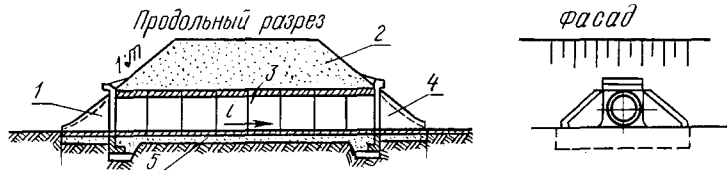


Рис. 5.8. Основные части дорожной трубы:

1 — входной оголовок; 2 — земляное полотно; 3 — звенья; 4 — выходной оголовок; 5 — фундамент

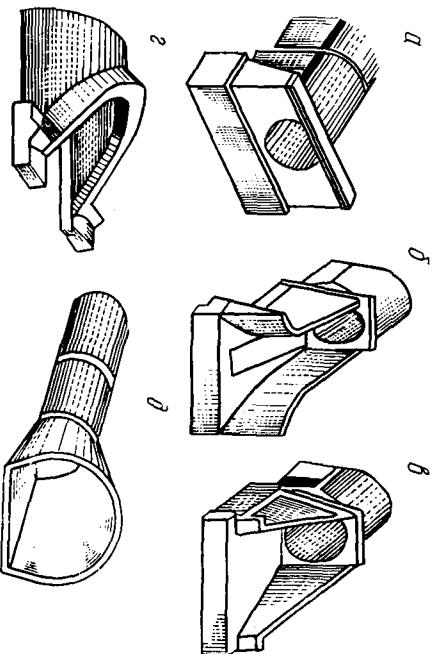


Рис. 5.9. Типы оголовков труб:  
 а — портовый; б — кордировый; в — дорожнич-  
 вый;  $\delta$  — обтекаемый

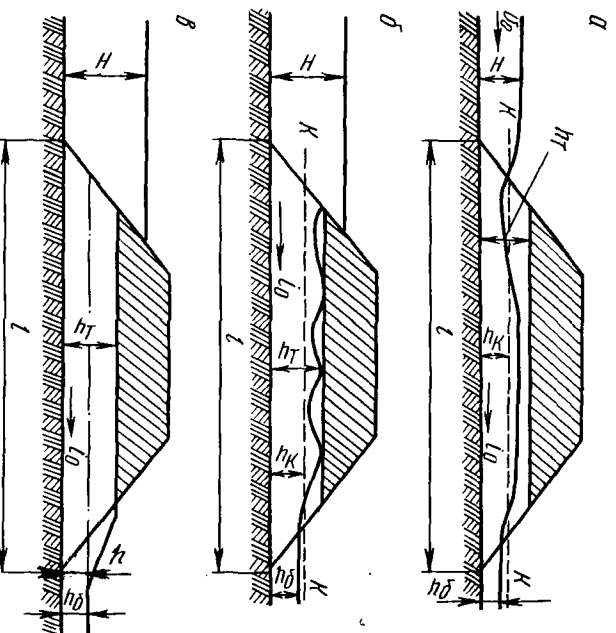


Рис. 5.10. Режимы протекания воды через трубы

где  $S_0$  — предельная степень наполнения трубы;  $S_0 = 0,8...1,0$ ;  $H$  — глубина воды перед трубой, м;  $h_r$  — высота трубы, м.

Наиболее удобно расчертить для круглых труб по табл. 5.13, для прямоугольных — по табл. 5.14.

Например, требуется подобрать величину отверстия круглой безнапорной трубы и определить глубину воды перед трубой  $H$  при за-



Табл. 5.13. Гидравлические параметры круглых труб

Диаметр труб, м	$d = 0,75$				$d = 1,0$				$d = 1,25$				$d = 1,5$				$d = 2,0$			
	I		II		I		II		I		II		I		II		I		II	
Расход, м <sup>3</sup> /с	H	v	H	v	H	v	H	v	H	v	H	v	H	v	H	v	H	v	H	v
	0,6	0,79	1,9	0,72	1,9	0,7	1,8	0,64	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,8	1,0	2,9	0,85	2,3	0,82	2,0	0,78	2,0	0,73	1,8	0,67	1,8	0,69	1,8	0,64	1,8	—	—	—	—
1,0	1,33	3,5	0,99	2,3	0,94	2,1	0,86	2,1	0,82	1,9	0,75	1,9	0,72	1,9	0,72	1,9	—	—	—	—
1,2	1,72	4,2	1,14	2,7	1,06	2,3	0,96	2,3	0,91	2,1	0,84	2,1	0,87	2,0	0,80	2,0	—	—	—	—
1,6	2,69	9,6	1,44	3,5	1,37	3,4	1,14	2,6	1,09	2,3	1,0	2,3	1,0	2,2	0,93	2,2	—	—	—	—
2,0			1,84	4,3	1,80	4,1	1,32	2,7	1,23	2,3	1,13	2,3	1,15	2,3	1,05	2,3	1,03	2,2	0,97	2,2
2,5			2,42	5,4	2,47	5,1	1,58	3,2	1,43	2,8	1,31	2,8	1,30	2,5	1,20	2,5	1,19	2,3	1,10	2,3
3,0					3,26	6,2	1,82	3,8	1,86	3,8	1,45	2,9	1,47	2,7	1,33	2,7	1,30	2,4	1,21	2,3
3,5					4,20	7,2	2,14	4,5	2,24	4,6	1,60	3,1	1,63	2,9	1,48	2,9	1,41	2,6	1,31	2,4
4,0							2,47	5,1	2,66	5,2	1,84	3,2	1,75	3,1	1,60	3,1	1,53	2,7	1,43	2,7
4,5							2,87	5,7	3,26	5,9	1,98	3,7	1,07	4,2	1,71	3,2	1,65	2,8	1,53	2,8
5,0							3,27	6,3	3,70	6,5	2,17	4,0	2,38	4,6	1,83	3,3	1,75	2,9	1,61	2,9
5,5							3,76	6,9	4,26	7,2	2,37	4,5	2,67	5,0	1,95	3,4	1,86	3,0	1,71	3,0
6,0									5,0	7,8	2,58	4,8	2,99	5,5	2,09	3,6	1,97	3,1	1,79	3,1
6,5											2,82	5,2	3,32	5,9	2,27	3,7	2,06	3,2	1,88	3,2
7,0											3,09	5,7	3,77	6,3	2,40	4,0	2,16	3,3	1,97	3,3
8,0											3,64	6,4	5,54	7,2	2,64	4,5	2,34	3,6	2,08	3,6
9,0											4,22	7,2	5,60	8,2	3,29	5,6	2,66	4,6	2,29	3,7
10,0											—	—	—	—	2,93	5,1	3,07	5,1	2,44	3,8

Примечание. Тип оголовков: I — порталные, воротниковые, раструбные; II — обтекаемые.

Табл. 5.14. Гидравлические параметры прямоугольных труб

Расход воды на 1 пог. м трубы, м <sup>3</sup> /с	Обтекаемые оголовки			Необтекаемые оголовки		
	высота трубы $h_T$ , м	высота напора $H$ , м	скорость $v$ , м/с	высота трубы $h_T$ , м	высота напора $H$ , м	скорость $v$ , м/с
1,0	0,6	0,74	2,1	1,0	0,82	2,1
1,2	0,6	0,84	2,3	1,2	0,93	2,3
1,4	0,7	0,92	2,4	1,3	1,02	2,4
1,6	0,8	1,00	2,5	1,4	1,11	2,5
2,0	0,9	1,17	2,7	1,6	1,31	2,7
3,0	1,1	1,52	3,1	2,0	1,68	3,1
4,0	1,4	1,86	3,4	2,4	2,05	3,4
5,0	1,6	2,14	3,6	2,8	2,39	3,7
6,0	1,8	2,40	3,9	3,2	2,70	3,9
7,0	2,0	2,70	4,1	3,5	3,02	4,1
8,0	2,2	2,98	4,3	3,8	3,30	4,3
9,0	2,4	3,22	4,4	4,0	3,56	4,5
10,0	2,6	3,46	4,6	—	—	—

данном расходе  $Q=1,6$  м<sup>3</sup>/с и предельной степени наполнения  $S_0=0,85$ . Из табл. 5.13 берем, что расход  $Q=1,6$  м<sup>3</sup>/с может быть пропущен трубой с диаметром  $d=1$  м при  $H=1,37$  м и  $v=3,4$  м/с; трубой диаметром  $d=1,25$  м при  $H=1,09$  м и  $v=2,3$  м/с. Для трубы  $d=1,25$  м степень заполнения составит:

$$S_{1,25} = \frac{H}{h_T} = \frac{1,09}{1,25} = 0,875 > 0,85.$$

Следовательно, чтобы обеспечить степень заполнения  $S_0=0,85$ , нужно взять трубу с  $d=1,5$  м при  $H=1$  м и  $v=2,2$  м/с или  $d=1,25$  м, но с обтекаемым оголовком, тогда  $H=1$  м и  $v=2,3$  м/с. Степень заполнения будет для  $S_{1,5}=0,67 < 0,85$ ; для  $S_{1,25}=0,8 < 0,85$ , т. е. условие выполнено. При применении безнапорных труб скорость протекания воды в них не должна превышать 6 м/с.

Минимальная высота насыпи у входного отверстия безнапорной трубы определяется по формуле

$$H_H = h_T + \delta + h_3,$$

где  $H_H$  — высота насыпи, м;  $\delta$  — толщина стенок трубы, м;  $h_3$  — толщина слоя засыпки грунта над трубой, принимается не менее 0,5 м.

Длина трубы с раструбными оголовками определяется по формуле

$$L = [B_{з.п} + 2m(H_H - h_T - \delta)] \frac{1}{\sin \alpha} + k + 2l_{ог},$$

где  $B_{з.п}$  — ширина земляного полотна, м;  $\delta$  — толщина стенки трубы: при  $d=0,75$  м —  $\delta=0,08$  м;  $d=1$  м —  $\delta=0,1$  м;  $d=1,25$  м —  $\delta=0,12$  м;  $d=1,5$  м —  $\delta=0,14$  м;  $\alpha$  — угол между осью дороги и осью трубы (обычно  $\alpha=90^\circ$ );  $k$  — выход оголовков трубы за пределы откосов насыпи, равный 0,35 м;  $l_{ог}$  — длина раструбного оголовка, устанавливаемая для круглых и прямоугольных труб по типовому

проекту: при  $d=1$  м —  $l_{ог}=1,78$  м;  $d=1,25$  м —  $l_{ог}=2,26$  м и  $d=1,5$  м —  $l_{ог}=2,74$  м.

Длину трубы с порталным оголовком определяют по формуле

$$L = [B_{з.п} + 2m(H_n - h_T - \delta)] \frac{1}{\sin \alpha} + k.$$

Рекомендуется звеньевую часть (т. е. длину без оголовков) округлить в большую сторону до стандартной длины звена. Критический уклон находят по формуле (5.7).

Скорость на выходе для безнапорных труб определяют по формулам:

$$\begin{aligned} \text{при } i \leq i_k \quad v_{\text{вых}} &= \frac{Q}{\omega_{\text{сж}}}; \\ \text{при } i > i_k \quad v_{\text{вых}} &= 0,91 \frac{1}{\alpha} \frac{Q}{\omega_{\text{сж}}}, \end{aligned}$$

где  $i$  — уклон трубы;  $i_k$  — критический уклон трубы;  $Q$  — расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $\omega_{\text{сж}}$  — площадь живого сечения потока в сжатом сечении, м<sup>2</sup>:

$$\omega_{\text{сж}} = \varepsilon \omega,$$

$\varepsilon$  — коэффициент сжатия: для прямоугольных труб  $\varepsilon=0,6$ ; для круглых —  $\varepsilon=0,65$ ;  $\omega$  — площадь сечения трубы, м<sup>2</sup>;  $\alpha$  — коэффициент, характеризующий условие протекания воды в трубе:  $\alpha=0,75$ .

Скорость на выходе из трубы также может быть определена по формуле

$$v_{\text{вых}} = \frac{Q}{\omega_{\text{вых}}},$$

где  $\omega_{\text{вых}}$  — площадь выходного сечения, зависящая от  $h_{\text{вых}}$ . При  $i < i_k$   $h_{\text{вых}} = \psi h_k$ , где  $\psi$  — коэффициент, равный 0,75...0,8 — для необтекаемых оголовков и 0,8...0,85 — для обтекаемых.

Критическая глубина определяется по формуле

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{g B^2}},$$

где  $\alpha=0,75$ ;  $B$  — ширина трубы в свету. При  $i > i_k$   $h_k$  может быть принята равной нормальной глубине протекания воды в трубе  $h_0$ , определяемой из условия равномерного движения жидкости в такой последовательности.

1. Определяют расходную характеристику сечения трубы (модуль пропускной способности)

$$K_d = 24d^{8/3},$$

где  $d$  — диаметр трубы, м.

2. Находят фактическую расчетную характеристику  $K_0$

$$K_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}}.$$

3. Вычисляют отношение  $\frac{K_0}{K_d}$  и по этому отношению в табл. 5.15 находят отношение  $\frac{h_0}{d}$ , которое, допустим, будет равно  $a$ , т. е.  $\frac{h_0}{d} = a$ .

Табл. 5.15. Значение расходных характеристик

Степень наполнения круглых труб, $\frac{h_0}{d}$	Критическая функция $\frac{w_K^3}{E_K d^5} = \frac{Q}{gd^5}$	Отношение расходных характеристик $\frac{K_0}{K_d}$	Отношение скоростных характеристик $\frac{W_0}{W_d}$
0,05	0	0,004	0,184
0,10	0	0,017	0,333
0,20	0,001	0,080	0,565
0,30	0,009	0,188	0,748
0,40	0,025	0,332	0,889
0,50	0,060	0,500	1,000
0,60	0,121	0,678	1,083
0,70	0,220	0,850	1,137
0,80	0,382	0,994	1,159
0,90	0,685	1,082	1,142
1,00	$\infty$	1,000	1,000

4. Из этого отношения находят глубину воды на выходе, которая равна  $h_{\text{вых}} = ad$ .

5. В зависимости от отношения  $\frac{K_0}{K_d}$  по табл. 5.15 находят отношение скоростных характеристик  $\frac{W_0}{W_d}$ , равное, допустим,  $b$ , т. е.  $\frac{W_0}{W_d} = b$ . Вычисляют скоростную характеристику трубы по формуле:  $W_d = 30,5d^{2/3}$ .

6. Зная  $W_d$  и  $b$ , находят фактическую скоростную характеристику:  $W_0 = bW_d$ .

7. Затем устанавливают скорость воды на выходе из трубы

$$v_{\text{вых}} = W_0 \sqrt{i}.$$

Пропускная способность безнапорной трубы

$$Q = w_c v = \varphi w_c \sqrt{2g(H - h_0)},$$

где  $w_c$  — живое сечение в трубе,  $m^2$ ;  $h_0$  — глубина воды в сооружении,  $m$ ;  $\varphi$  — коэффициент скорости:  $\varphi = 0,9$ .

Полунапорный режим устанавливается, когда  $1,2h_T < H < 1,4h_T$ . В этом случае на отдельных участках сечение трубы перекрывается потоком воды по всему периметру, другие же участки имеют свободную поверхность (рис. 5.10, в). Для поддержания по-

лунапорного режима необходимо, чтобы уклон трубы  $i$  был больше уклона трения  $i_w$  при работе ее полным сечением, т. е.

$$i > i_w = \frac{Q^2}{\omega_T^2 C_T^2 R_T}, \quad (5.8)$$

где  $\omega_T$  — площадь живого сечения трубы,  $m^2$ ;  $C_T$  — скоростной коэффициент (см. формулу (5.5));  $R_T$  — гидравлический радиус, м.

Напор воды перед входным отверстием трубы

$$H = \varepsilon h_T + \frac{v^2}{2g\varphi^2},$$

где  $\varepsilon$  — коэффициент сжатия: для прямоугольных труб  $\varepsilon=0,60$ ; для круглых —  $\varepsilon=0,65$ ;  $\varphi$  — коэффициент скорости: для обтекаемых оголовков  $\varphi=0,95$ ; для необтекаемых —  $\varphi=0,85$ .

Если даны отверстие трубы и высота насыпи, то предельный допустимый расход воды можно определить по формуле

$$Q = \varphi \varepsilon \omega \sqrt{2g(H - \varepsilon h_T)},$$

где  $H$  — напор воды перед входным отверстием трубы, м (или  $H = H_n - \Delta H$ , где  $H_n$  — высота насыпи, м;  $\Delta H$  — возвышение бровки земляного полотна над подпертым горизонтом воды, принимаемое не менее 0,5 м). В практике при расчете полунапорных труб пользуются табл. 5.13 и 5.14. Расчет скорости и глубины воды на выходе трубы определяется аналогично, как и для безнапорных труб.

Напорный режим устанавливается, когда  $H > 1,4 h_T$  (рис. 5.10, б). В этом случае труба работает полным сечением на всем протяжении.

Напорные трубы со специальными обтекаемыми оголовками рассчитываются по формуле, выведенной для истечения воды через насадки, а также с помощью табл. 5.13 и 5.14, аналогично расчету безнапорных и полунапорных труб.

Однако следует иметь в виду, что уклон трубы не должен превышать уклона трения  $i_w$ , определяемого по формуле (5.8). Но значения  $\omega$ ,  $C$  и  $R$  берутся для полного сечения трубы.

Если уклон трубы меньше уклона трения, то глубина перед входом будет больше приведенной в табл. 5.13 и 5.14 и ее необходимо уточнить по формуле

$$H = H_{\text{табл}} + L(i_w - i),$$

где  $H_{\text{табл}}$  — табличное значение глубины  $H$ , м;  $L$  — длина трубы, м;  $i_w$  — уклон трения.

Скорость течения воды на выходе напорной трубы определяют делением расхода  $Q$  на площадь поперечного сечения трубы:

$$v_{\text{вых}} = \frac{Q}{\omega} \text{ м/с.}$$

Но при свободном истечении труба может работать у выхода неполным сечением, и тогда скорость определяется по формуле

$$v_{\text{вых}} = \frac{Q}{\varepsilon_{\text{вых}} \omega} \text{ м/с,}$$

где  $\varepsilon_{\text{вых}}$  — коэффициент сжатия на выходе:  $\varepsilon_{\text{вых}}=0,91$ .

Для полунапорных и напорных труб минимальная высота насыпи определяется по формуле:  $H_n = H + \Delta H$  м, где  $\Delta H$  — запас над уровнем подпертой воды, принимаемый не менее 0,5 м.

### 5.5. Расположение мостов и труб в плане и профиле

Выбор места перехода водотока и положения сооружения в плане и профиле дороги производится с учетом строительных и эксплуатационных показателей, режима водотока, гидрологических и других условий, определяющих оптимальное технико-экономическое решение соответствующего участка дороги.

Малые и средние мосты и трубы могут быть расположены на любом сочетании профиля и плана дороги, предусмотренных нормами проектирования.

На больших мостах продольный уклон ездового полотна должен быть не более 20‰, а при высоте бордюра 45 см его можно увеличить до 40‰. На всех мостах с деревянным настилом продольный уклон должен быть: при продольной укладке досок не более 20‰, а при поперечной — не более 30‰, если же продольный уклон более 30‰ — дощатый настил заменяют покрытием, принятым на дороге.

Отметки бровки насыпи у сооружений должны удовлетворять условию, чтобы толщина засыпки над сводами и верхом труб, считая от верха дорожной одежды, была не менее 0,5 м. Для труб, рассчитанных на динамические нагрузки, высоту насыпи над трубой можно уменьшить до 0,4 м для круглых и до 0,3 — для прямоугольных труб.

Трубы, как правило, следует укладывать перпендикулярно к оси дороги, так как в этом случае длина трубы будет наименьшей. Но допускается и отклонение, когда необходимо, чтобы ось трубы совпала с направлением течения потока.

## **Глава 6. ЛЕСОТРАНСПОРТНЫЕ КАНАТНЫЕ УСТАНОВКИ**

---

### **6.1. Классификация канатных установок**

Лесотранспортные канатные установки применяются в горных районах, а также в районах со значительной заболоченностью местности (рис. 6.1). Наряду с серийными установками имеются также некоторые виды перспективных, конструкции которых уже испытаны или признаны промышленно полезными. По основному конструктивному признаку канатные установки делятся на установки с несущим и тягово-несущим канатами, которые могут быть одно- и многопролетными и применяться для полуподвесной и подвесной транспортировки леса. В свою очередь указанные установки могут быть классифицированы по видам канатно-блочной оснастки и принципу действия. Устройство конкретных установок характеризуется конструкцией грузонесущего органа, числом и назначением применяющихся канатов, типом лебедки и конструкцией канатных опор. Эти разновидности канатных установок показаны на рисунке указательными стрелками.

### **6.2. Подвесные установки с несущим канатом**

Особенность лесотранспортных канатных установок состоит в применении только одного несущего каната, по которому совершает возвратно-поступательное движение грузовая каретка, снабженная устройством для прицепки леса по всей длине трассы установки. Монтируется канат на концевых и промежуточных опорах простой конструкции.

Проектирование установок производится на основе ГОСТ 17810—72. В нем предусмотрены три типа установок: 1) трелевочно-транспортные (УТТ) — для трелевки леса к несущему канату на расстояние не менее 30 м и для последующей транспортировки подвесным способом на верхний склад с погрузкой на подвижной состав; 2) транспортные (УТ) — для транспортировки леса подвесным способом и погрузки его на подвижной состав и погрузочные (УП) — для погрузки леса на подвижной состав, а также его штабелевки.

Основные параметры подвесных канатных установок должны соответствовать указанным в табл. 6.1.

Установки типов УТ и УТТ должны изготавливаться с одно- или двухсекционными каретками и одним несущим канатом, а типа УП — с двумя несущими канатами.





Табл. 6.1. Основные параметры подвесных канатных установок по  
ГОСТ 17810 — 72

Тип установки	Грузоподъемность, кН	Длина не более, м	Расчетная длина пролета, м	Угол наклона канатного пути не более, град	Скорость движения каретки не более, м/с	База подцепки груза, м		Нагрузка на ходовое колесо каретки не более, кН	Удельная металлоемкость каретки не более, кг/кН
						сортиментов не более	хлыстов не менее		
УТТ	8	1000		±30	7,0			2,35	11
	16							4,55	10,5
УТ	32	250				3,0	6,0	8,80	10
	63							6,8	11,0
УП	32	250		±10	2,0			12,9	10,0
	63							6,8	10,5
	125							6,8	11,0
								12,9	11,5

Примечания: 1. Под базой подцепки груза следует понимать расстояние между вертикальными осями грузозахватных приспособлений при горизонтальном положении кареток.

2. Параметр удельная металлоемкость каретки не учитывает массу выносных ступор кареток и грузозахватных приспособлений, подвешиваемых на крюк или вместо крюка.

3. Допускается изготавливать установки типа УТТ грузоподъемностью 8 и 16 кН, длиной 1500 м.

В лесной промышленности применяется универсальная канатная установка УК-1, представляющая собой переносную канатную систему с лебедкой и кареткой, совершающей возвратно-поступательное движение по несущему канату. Из унифицированной оснастки может собираться несколько модификаций установки для работы по различным технологическим схемам, каждая из которых рациональна в определенных лесозаготовительных условиях. Модификации УК-1-3Т, УК-1-6Т и УК-1-3А являются подвесными установками.

В горных условиях применяется легкая установка ЛЛ-24 (ЛСУ-1,6). Основные их технические данные приведены в табл. 6.2. Однако некоторые параметры, такие, как длина пролета и провес несущего каната, подлежат поверочному расчету с учетом топографии склона.

Установки УК-1-3Т и УК-1-6Т различаются грузоподъемностью и представляют собой многопролетный кабель-кран с возвратно-поступательным движением грузонесущего органа в виде одно- или двухсекционной каретки. Так как прицепка груза производится только под несущим канатом, лес трелюют к нему автономными трелевочными средствами, например тракторами или мобильными канатными установками. На верхнем складе возможна погрузка леса на дорожные транспортные средства непосредственно с несущего каната.

Схема установки УК-1-3Т с односекционной кареткой, работающей «на спуск», показана на рис. 6.2. Установка состоит из двух-

Табл. 6.2. Краткая техническая характеристика подвесных установок

Наименование характеристики или параметры	Модификация УК-1			ЛЛ-24
	УК-1-3Г (ЛЛ-27)	УК-1-6Г (ЛЛ-29)	УК-1-3А (ЛЛ-26)	
Тип	Многопролетная, подвесная			
Вид груза	Хлысты, сортименты			
Грузоподъемность, кН	30	60	30	16
Протяженность (числитель), длина пролета (знаменатель), м	до 1000 250	до 800 250	до 1000 250	до 1000 250
Уклон трассы, град	± (10...30)	± (10...30)	± (10...30)	± 35
Расстояние подтравки к трассе, м	—	—	до 50	до 50
Скорость движения каретки, м/с	до 7	до 5	до 7	до 4,3
Диаметр несущего каната, мм	28	39	28	20
Приводная лебедка	ЛЛ-12А с канатоведущим ЛЛ-8 шкивом	ЛЛ-8	ЛЛ-12А	Трактор Т-40 с барабаном и канатоведущим шкивом
Масса каретки, кг	350	860	230	200
Пронзводительность, м <sup>3</sup> /см	40...50	60...70	35...40	25...30

барabanной лебедки 1, каретки 2, несущего каната 3, а также грузоподъемного 4 и тягового 5 канатов.

Основным элементом канатной системы является несущий канат, обычно открытого типа, двойной свивки. Канат натягивается полиспастом и закрепляется концами при помощи специальных зажимов за пни. На концевых и промежуточных опорах канат поддерживается башмаками. Грузоподъемный канат, запасованный в

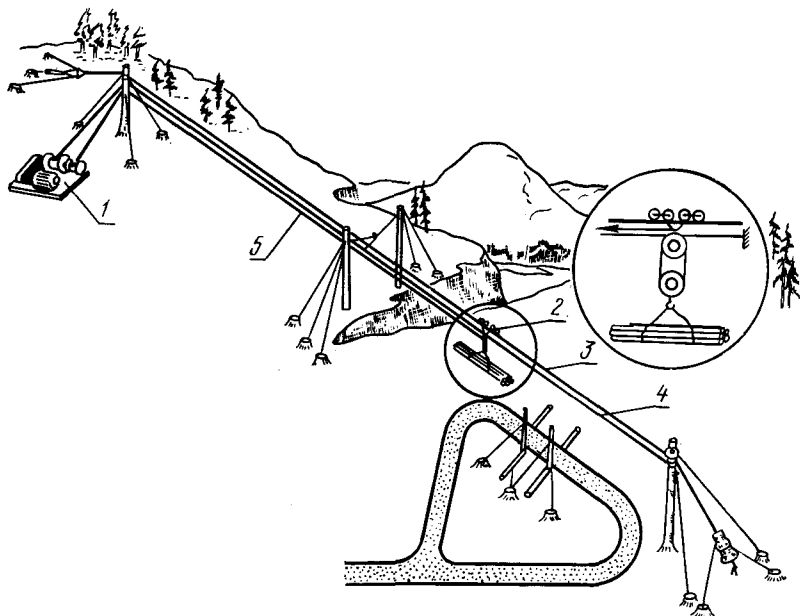


Рис. 6.2. Канатная установка УК-1-3Т с односекционной кареткой

в каретку, образует двукратный полиспаст или последовательно два двукратных полиспаста, если каретка состоит из двух секций, соединенных между собой дышлом. Прицепка леса производится стропами при ослаблении грузоподъемного каната и опускании под действием собственного веса полиспастных блоков с крюками на землю. После подъема груза и затормаживания грузоподъемного барабана происходит спуск каретки на тяговом канате под действием силы тяжести.

В ряде случаев как при работе установки «на спуск», так и «на подъем» величина уклона несущего каната менее  $10^\circ$  может быть недостаточна для гравитационного движения каретки. В этом случае возникает необходимость принудительного движения каретки в обоих направлениях путем применения возвратного каната с приводом от отдельного барабана лебедки. Иначе эта задача может быть решена заменой тягового и возвратного канатов замкнутым тяговым канатом с системой его натяжения и приводом от канато-

ведущего шкива. Применение канатоведущего шкива целесообразно также тогда, когда канатоемкость барабанов недостаточна.

Для координации действий лебедки с рабочими на лесосеке предусмотрена телефонная связь с помощью проводного громкоговорящего телефона ТГ-1 симплексного типа пылевлагонепроницаемого исполнения.

Установка УК-1-3А предназначена как для транспортировки сортиментов и хлыстов по несущему канату, так и для подтас-

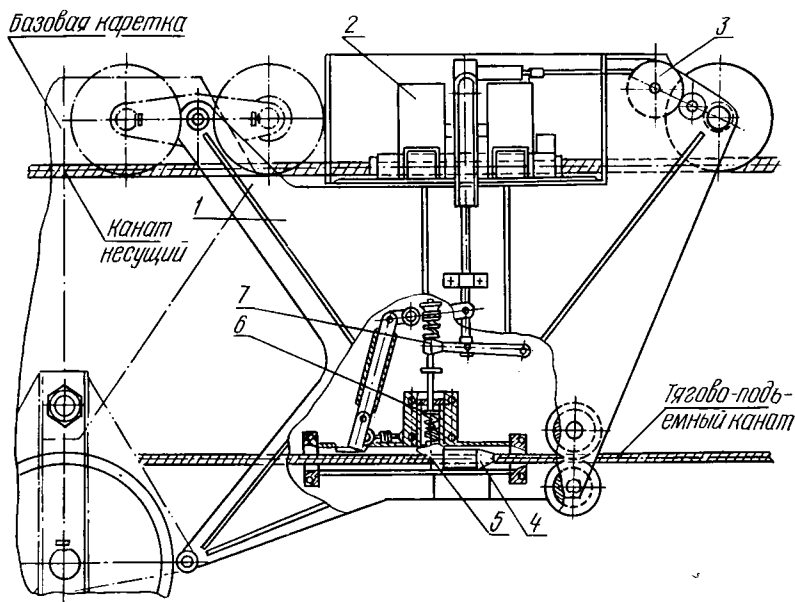


Рис. 6.3. Схема автоматической каретки УК-1-3А

кивания их к трассе установки на несколько десятков метров. Установка применима при сплошных, постепенных и выборочных рубках. Ее достоинствами являются малая канатоемкость и наличие только одного приводного каната.

Установка состоит из барабанной лебедки, несущего и тягово-подъемного канатов и автоматической каретки. Простота схемы обусловлена особенностью конструкции каретки, снабженной автоматическим стопорным механизмом, обеспечивающим сцепление каретки с несущим канатом в любом месте и выдачу или захват на корпус грузового крюка. Управление кареткой производится тягово-подъемным канатом. При этом механизмы автоматики срабатывают от командного механизма, который приводится в действие от вращения ходовых катков при движении по несущему канату.

Схема автоматического устройства показана на рис. 6.3. Устройство установлено на корпусе каретки 1. Изменяя направление движения каретки по сигналу командного механизма 3, срабатывает стопорный механизм 2, который перемещает клинообразные колодки, прижимающиеся к несущему канату. Одновременно через тяги

7 и механизм расфиксации 6, содержащий фиксатор 5, взаимодействующий с бобышкой 4, подается команда на освобождение или захват грузовой обоймы.

Для зацепки груза каретка стопорится на несущем канате, при этом под действием силы тяжести опускается на землю свободный конец тягово-подъемного каната с крюком. Древесина подтаскивается к несущему канату и после фиксации грузовой подвески на каретке освобождается от каната и перемещается. При работе установки применяется также телефонная связь.

Установка типа УК-1-3А с системой подтрелевки к несущему канату предназначена для подтрелевки сортиментов в полуподвешенном состоянии с расстояния до 125 м к несущему канату основной канатной установки. Отличительной особенностью этой системы конструкции Г. Г. Кокая является применение поперечного несущего каната с дополнительной кареткой и способ передачи груза с дополнительной кареткой на основную без отцепки его от тягово-подъемного каната. Установка работает с двухбарабанной лебедкой. После остановки автоматической каретки над поперечным несущим канатом и выдачи крюка тягово-подъемный канат запасовывается в раскрывающийся блок дополнительной каретки, и она по поперечному несущему канату возвратным канатом подается на лесосеку. Тягово-подъемный канат при этом сматывается с барабана лебедки. Дополнительная каретка с грузом передвигается к основному несущему канату, где после ослабления тягово-подъемного каната и его снятия с раскрывающегося блока дополнительной каретки груз передается на автоматическую каретку УК-1-3А для спуска вниз по склону на тягово-подъемном канате.

Установка ЛЛ-24 применяется для рубок ухода. Она устроена и работает по схеме установки УК-1-Т. Основная ее особенность — применение самоходного привода на базе колесного трактора Т-40М, на котором смонтированы лебедка с барабаном для намотки грузоподъемного каната диаметром 8 мм и канатоведущий шкив для привода замкнутого тягового каната диаметром 10,5 мм. В установке применена двухсекционная каретка.

### 6.3. Полуподвесные установки с несущим канатом

Установка УК-1 имеет две модификации для полуподвесной трелевки, предназначенные для сплошных рубок в равнинной местности и в горных условиях восточных районов. Техническая характеристика их приведена в табл. 6.3.

Установка УК-1С предназначена преимущественно для Восточной Сибири и Дальнего Востока. Отличительной особенностью ее является использование рельефа и места расположения головной опоры для варьирования провесом несущего каната. Для этого передний конец несущего каната через полиспафт соединен с барабаном лебедки, что позволяет регулировать поднятие вершинной части пачки над волоком и избежать появления чрезмерных усилий в канате.

Табл. 6. 3. Краткая техническая характеристика  
полуподвесных установок УК-1

Наименование характеристики или параметра	Модификации	
	УК-1С	УК-1Р
Тип	Однопролетная, полуподвесная	
Вид груза	Хлысты	Хлысты, стволы с кроной
Грузоподъемность — вертикальная нагрузка (числитель); усилие в сбор- ном или тяговом канате (знамена- тель), кН	$\frac{10}{40}$	$\frac{10}{40}$
Протяженность (числитель), длина пролета (знаменатель), м	До 500	До 350
Уклон трассы, град	—(20...30)	0...8
Расстояние подтрелевки к трассе, м	До 30	До 30
Скорость движения каретки, м	1...3	1...3
Диаметр несущего каната, мм	25,5	25,5
Приводная лебедка	ЛЛ-8	ЛЛ-8
Масса каретки, кг	130	220
Производительность, м <sup>3</sup> /см	30...35	60

Установка УК-1С состоит из лебедки, несущего каната, который опирается на блок головной опоры, а другим концом закреплен на лесосеке за пни; каретки, а также из натяжного тягового, возвратного и сборного канатов. Сборный канат присоединяется при помощи муфты к концу тягового и служит для формирования на лесосеке веза с помощью скользящих чокоеров.

На несущем канате в месте отцепки пачки закреплен упор для взаимодействия со стопорным механизмом каретки. Эта установка работает с полуавтоматической кареткой, устройство которой показано на рис. 6.4. На корпусе 1 каретки, которая при помощи балансирных тележек 2 опирается на несущий канат, расположены направляющие ролики 12, блок 7 и стопорный механизм для сборного каната 13. На корпусе также имеется скоба 3 для крепления возвратного каната. Сборный канат пропускается через каретку и заканчивается скобой 6 для упора чокоеров. На нем на расстоянии 30 м друг от друга закреплены две конусные бобышки 8 и 14, взаимодействующие с фиксаторами стопорного механизма. Стопорный механизм состоит из холостого 11 и грузового 5 фиксаторов, упора 9, пружины фиксаторов 10, рычажной системы 4 и рычага 15, взаимодействующего с буфером, закрепленным на несущем канате в месте отцепки груза.

Принцип действия каретки и ее стопорного механизма следующий. Каретка с вытравленным на 30 см и застопоренным при помощи холостой бобышки сборным канатом подается на лесосеку возвратным канатом. К месту прицепки древесины на расстояние до 30 м сборный канат доставляется вручную, и его конец пропускается через кольца чокоеров поваленного леса. Подтаскивание леса к несущему канату производится тяговым канатом и при одновременном удержании каретки на месте возвратным канатом. Под действием натяжения бобышка холостого хода выходит из стопорного

устройства, отжимая фиксатор холостого хода. Подтаскивание продолжается до тех пор, пока в каретке не произойдет стопорение грузовым фиксатором грузовой бобышки. После чего груз повисает на каретке и производится полуподвесная трелевка при помощи двух барабанов лебедки: тяговым — перемещение древесины, а возвратным — притормаживание каретки от произвольного спуска. Во избежание чрезмерного поднятия передней части пачки над волоком осуществляется опускание несущего каната. Движение каретки

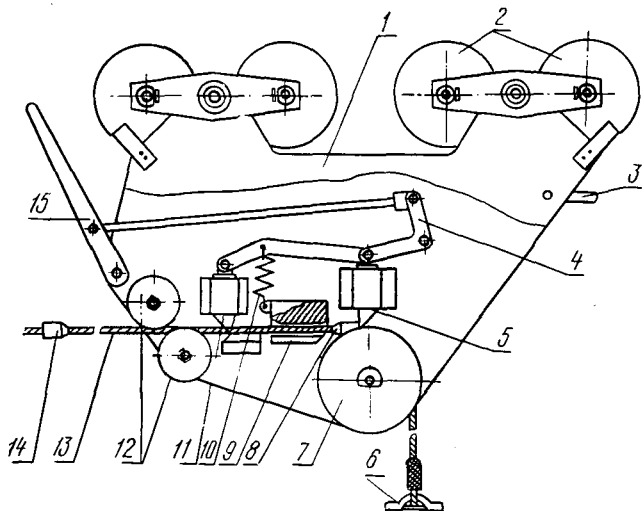


Рис. 6.4. Схема каретки установки УК-1С

вниз по несущему канату происходит до упора рычага стопорного механизма в буфер, закрепленный на несущем канате. При этом грузовая бобышка освобождается путем выключения грузового фиксатора, и пачка леса опускается. Сборный канат вытравливается из каретки до момента стопорения в ней бобышки холостого хода. После этого производится отцепка леса, каретка возвратным канатом подается на лесосеку, и рабочий цикл трелевки повторяется. Установкой также производится погрузка леса на подвижной состав.

Установка УК-1Р предназначена для полуподвесной трелевки хлыстов при сплошных рубках в равнинной и слабохолмистой местностях, а также для погрузки леса на подвижной состав. Особенностью ее является то, что подача чокеров производится непосредственно к поваленному лесу при помощи возвратного каната, а трелевка осуществляется за комлевые части стволов. Установка также характеризуется весьма эффективным приемом погрузки с несущего каната путем использования сочетания движения каретки с поднятой вершинной частью всего вoза и подвижного состава (обычно УЖД) с погруженными в процессе трелевки комлями хлыстов.

Схема установки показана на рис. 6.5. Она состоит из лебедки 1, несущего каната 2 с постоянным натяжением головной и концевой опор, каретки 3, тягового 4 и возвратного 5 канатов. Тяговый канат крепится к корпусу каретки, огibt грузовой и направляющий блок и навивается на трелевочный барабан лебедки. Возвратный канат соединен с крюком грузового блока и через систему блоков, один из которых является переносным и расположен у места зацепки пачки, поступает на возвратный барабан лебедки.

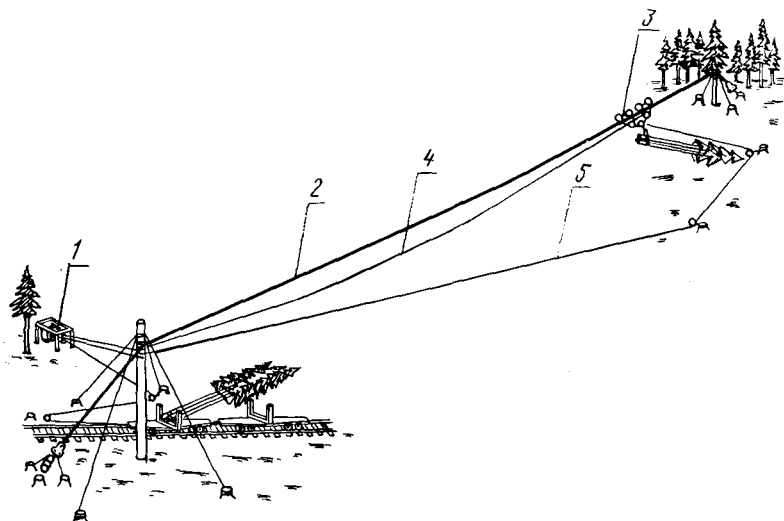


Рис. 6.5. Канатная установка УК-1Р для полуподвесной трелевки и погрузки хлыстов

Работа установки происходит следующим образом. Возвратным канатом каретка подается на лесосеку, и затем грузовой блок с крюком оттаскивается в сторону к поваленному лесу. Чокерами, одетыми на крюк, производится прицепка хлыстов. Далее тяговым канатом осуществляется подтаскивание хлыстов к несущему канату и после этого — трелевка к головной опоре. Комли хлыстов стрелеванной пачки сразу укладываются на коник подвижного состава.

После выполнения нескольких рейсов и набора пачек на конике в объеме ваза выполняется операция погрузки вершинной части ваза на второй коник. Она осуществляется следующим образом. При помощи отдельной стропы, один конец которой зацеплен за специальный крюк каретки, а другой — за крюк грузового блока, тяговым канатом производится подъем вершинной части ваза и ее перемещение к головной мачте. Одновременно лебедкой приводится в движение также подвижной состав. Скорости движения каретки и подвижного состава таковы, что в момент подхода каретки к дороге под ней должен находиться второй коник подвижного состава. После опускания вершинной части ваза на коник операция погрузки завершается.



Установка типа 1К-1Р с системой ограничения натяжения несущего каната \* устроена на возможности изменения провеса несущего каната при чрезмерном увеличении на него действия поперечной нагрузки в периоды подтаскивания леса со стороны. Особенность запасовки канатов установки состоит в том, что натяжение несущего каната создается усилием, возникающим в тяговом канате, и предельно равно его двукратной величине. Это достигается путем присоединения несущего каната к направляющему блоку для тягового каната. Минимальная же величина натяжения, необходимая для удержания несущего каната в подвешенном состоянии при подаче ненагруженной каретки на лесосеку, обеспечивается при помощи специального тормозного блока, установленного на головной опоре. Для этого на несущем канате закреплен ряд бобышек, взаимодействующих с профилированным ручьем тормозного блока, исключающих скольжение каната. Без применения бобышек канат укладывается на параболическую поверхность ручья несколькими витками. Тормозной блок снабжен механизмом предельного момента одностороннего действия, срабатывающим только при определенном натяжении.

#### 6.4. Канатные установки с тягово-несущим канатом

В установках этого вида функции несущего, тягового и возвратного канатов выполняет один замкнутый канат, называемый *тягово-несущим*. Другой особенностью установок является использование грузоподъемности обеих ветвей каната (тяговой и возвратной) путем совместного их нагружения поперечной нагрузкой. Это достигается посредством запасовки каната в каретке и на опорах. Установки с тягово-несущим канатом работают с переменным натяжением. Поэтому подъем и опускание груза производятся путем уменьшения натяжения каната и опускания каретки. Благодаря уменьшению канатоемкости и числа приводных канатов эти установки являются более мобильными, чем с несущим канатом. Техническая характеристика установок приведена в табл. 6.4.

Установка СТУ-ЗС (рис. 6.6) с системой запасовки тягово-несущего каната предназначена для сплошных рубок леса. Состоит из трелевочного трактора 1, оборудованного канатоведущим шкивом и дополнительными направляющими блоками; передвижной головной опоры 2, замкнутого тягово-несущего каната 3, каретки 6 и сборного каната 5, который присоединяется к тяговой ветви при помощи муфты 4. Реверсивное движение тягово-несущего каната осуществляется при помощи канатоведущего шкива с параболической поверхностью ручья, который монтируется на валу лебедки и на шкив укладываются 3..4 витка каната. На основе щита трактора установлены дополнительные направляющие блоки.

\* Мартынихин В. Д. Канатно-подвесная установка для полуподвесной трелевки деревьев. Авт. свид. № 195486. — «Бюл. изобрет.», 1967, № 10.

Табл. 6.4 Краткая техническая характеристика установок с тягово-несущим канатом

Наименование характеристики или параметра	СТУ-3С(ЛЛ-20)	СТУ-ЛЛ-20	БТИ-1	БТИ-1-А
Тип	Однопролетная, полуподвесная	Однопролетная, полуподвесная,, подвесная	Многопролетная, подвесная	Многопролетная, подвесная, полуподвесная
Виды груза	Хлысты	Хлысты	Сортименты	Хлысты, сортименты
Грузоподъемность — вертикальная нагрузка (числитель); усилие в сборном канате (знаменатель), кН	10 $\frac{10}{30}$	10 $\frac{10}{63}$	10	10 $\frac{10}{30}$
Протяженность трассы (числитель), длина пролета (знаменатель)	350	350	300 $\frac{300}{100}$	450 $\frac{450}{150}$
Уклоны трассы, град	—(15...30)	—(15...30)	+10...(-30)	+10...(-30)
Расстояние подтрелевки к трассе, м	30	30	25	25
Скорость движения каретки: в грузовом направлении (числитель), в порожнем (знаменатель), м/с	1,2	1,9...2,7 $\frac{1,9...2,7}{2,3...3,2}$	1,5...2,5 $\frac{1,5...2,5}{2,5...3,5}$	1,5...2,5 $\frac{1,5...2,5}{2,5...3,5}$
Диаметр тягово-несущего каната, мм	15	22; 20	15	15...16,5
Лебедка установки	Тракторная с канатоведущим шкивом	ЛЛ-20	ЛЛ-14М с канатоведущим шкивом	ЛЛ-12А с канатоведущим шкивом; ЛЛ-20
Производительность, м <sup>3</sup> /смену	40...50	50...60	50...60	40...50

Установка работает с облегченной кареткой упрощенной конструкции. Она снабжена катком, опирающимся на верхнюю ветвь тягово-несущего каната, которая, огибая концевой блок, крепится к корпусу каретки. На каретке расположены направляющий ролик для сборного каната и защелка для запираания муфты.

Подача каретки на лесосеку происходит после натяжения тягово-несущего каната ходом трактора и при запертой в корпусе ка-

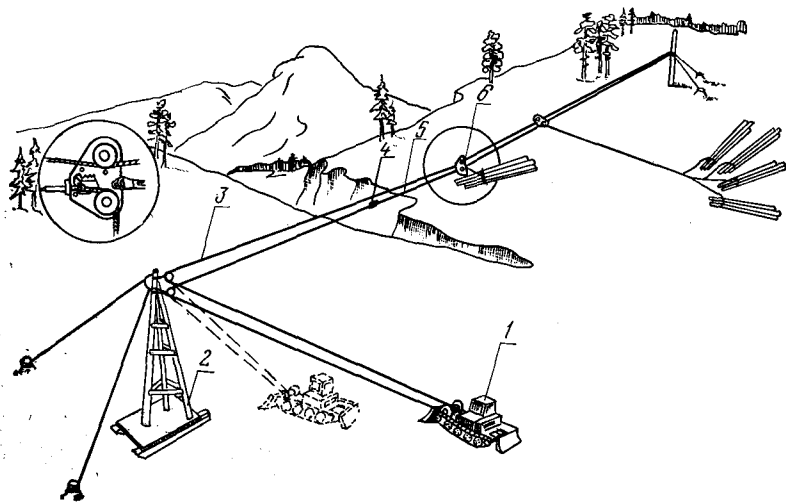


Рис. 6.6. Канатная установка СТУ-3С

ретки муфте (сборный канат при этом свободно подвешен). На лесосеке в месте прицепки груза каретка опускается на землю, и сборный канат с чокерами относится к поваленному лесу. После выключения вручную защелки и освобождения муфты производится натяжение тягово-несущего каната, которое осуществляется ходом трактора. При этом хлысты вначале подтаскиваются к каретке, а затем в полуподвешенном состоянии транспортируются к головной опоре. Для отцепки леса снижается натяжение тягово-несущего каната и при подаче каретки назад в ней фиксируется муфта. При дальнейшем снижении натяжения каната или при движении каретки вперед ослабляется сборный канат и создаются условия для безопасной расцепки чокеров. В случае необходимости хлысты могут быть стрелованы дальше, но уже на щите трелевочного трактора должен быть снят тягово-несущий канат.

Разработка лесосек с применением СТУ-3С производится секторами шириною до 30 м.

Установка СТУ с самоходным агрегатом ЛЛ-20 не имеет принципиальных отличий от установки СТУ-3С. Однако применение самоходного агрегата на базе трактора ТТ-4 со складывающейся мачтой и барабанного привода тягово-несущего каната, образующего вместе с трансмиссией лебедки замкнутый контур, позволяет резко снизить затраты на монтажно-демонтажные работы.

Установка предназначена в основном для работы «на спуск» древесины полуподвесным или подвесным способом. Общий вид самоходного агрегата показан на рис. 6.7, а на рис. 6.8 — кинематическая схема лебедки. Мачта лебедки опирается на отвал бульдозерного типа, что обеспечивает устойчивость агрегата без применения растяжек. Подъем и перевод мачты в транспортное положение осуществляются двумя гидроцилиндрами.

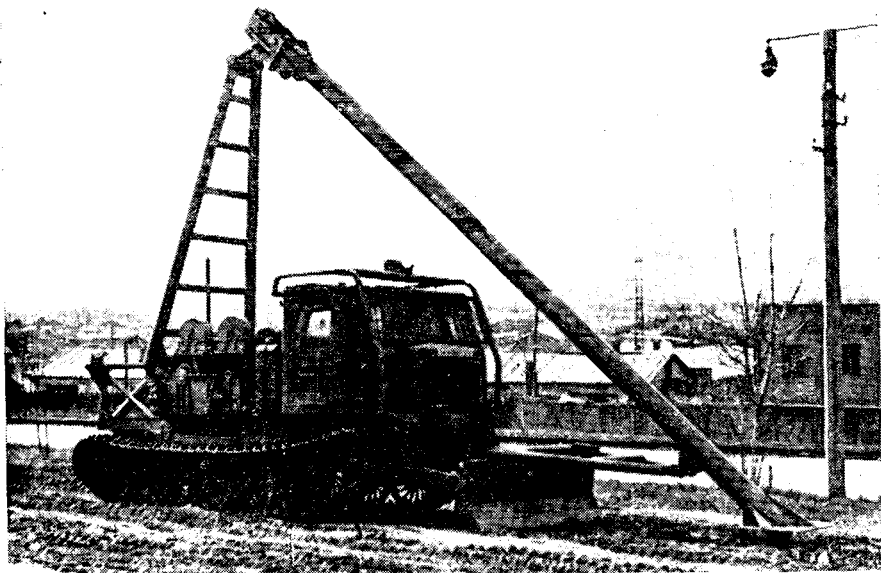


Рис. 6.7. Лебедка ЛЛ-20

Отличительной особенностью лебедки является синхронная навивка и выдача канатов с двух барабанов лебедки при многослойной укладке на них канатов, впервые примененная в лебедке БТИ имени С. М. Кирова. Это необходимо для поддержания заданного натяжения канатов при транспортировке леса и достигается тем, что рабочий барабан вращается с постоянной для данной передачи угловой скоростью, а обороты возвратного (холостого) барабана регулируются.

Лебедка состоит из рабочего, возвратного и монтажного барабанов, привод которых осуществляется от двигателя 13 трактора через раздаточную коробку 14, промежуточный вал 10 и редуктор 5. Включение монтажного барабана 11 производится фиксатором 9. Рабочий барабан 12 приводится от выходного вала 6 и редуктора 5 через открытую зубчатую пару 8—7. Включение рабочего барабана производится при помощи ленточной муфты 4. Возвратный барабан 16 приводится от выходного вала 19, являющегося водилом дифференциального редуктора, через открытую зубчатую пару 17—18. Включение возвратного барабана производится ленточной муфтой

3. Вращение на центральные колеса дифференциала редуктора передается по двум независимым кинематическим цепям по закону двухпоточной передачи. С одной стороны, через шестерни 26, 22, 21, 23, вал 24, вал-водило 19, с другой — через гидромотор 2, вал 20, шестерни 1, 25, вал 24 и вал-водило 19. Изменение оборотов возвратного барабана осуществляется путем изменения оборотов гидромотора 2, связанного гидролиниями с гидронасосом переменной

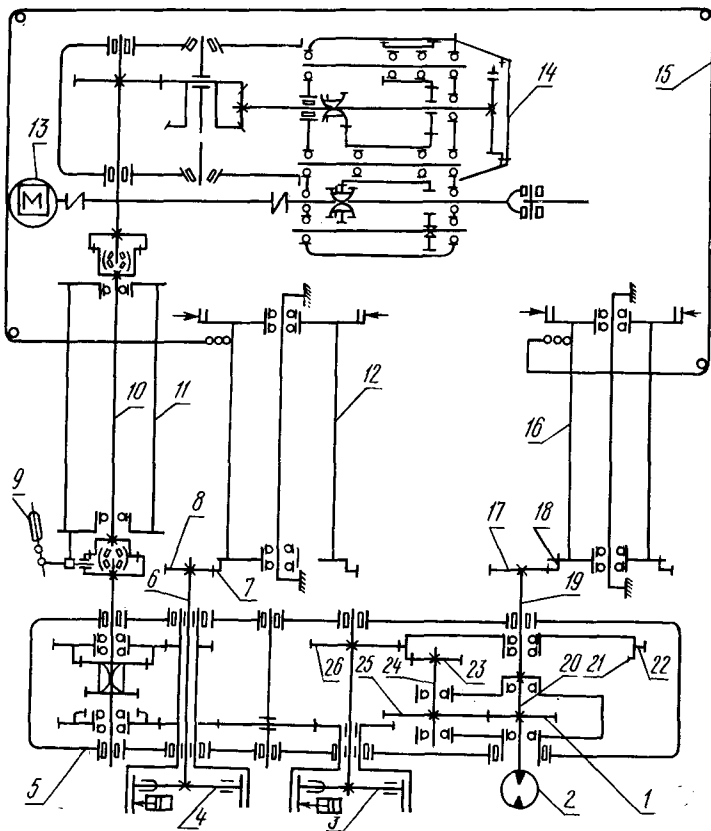


Рис. 6.8. Кинематическая схема лебедки ЛЛ-20

производительности. Привод последнего осуществляется от вала отбора мощности трактора.

Подвесная установка БТИ-1 предназначена для подвесной трелевки сортиментов из поперечных лесосек к трассе транспортной канатной установки в горах. Она относится к числу многопролетных с «плавающими» промежуточными опорами тягово-несущего каната и чоkerовкой леса непосредственно под кареткой. Схема установки показана на рис. 6.9. Она состоит из лебедки 1, снабженной канатоведущим шкивом и двумя барабанами; замкнутого тягово-несущего каната 7, натяжение которого осуществляется

при помощи блока 8 канатом 2 от барабана лебедки; сочлененной каретки 5; роликоопор 6, подвешенных на поперечных несущих канатах 4; дополнительного каната 3, прикрепленного к роликоопоре и предназначенного для поперечного перемещения последней вторым барабаном лебедки.

К числу особенностей установки относится устройство роликоопор и каретки. На роликоопорах подвешены верхняя и нижняя

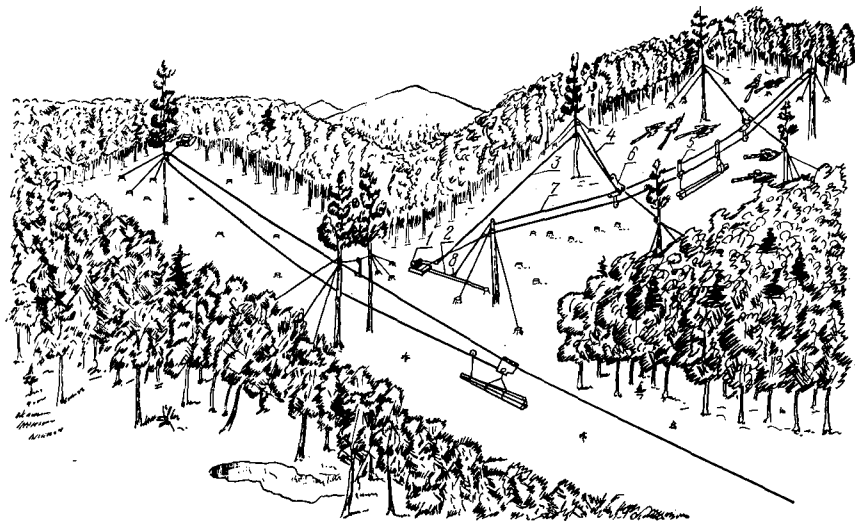


Рис. 6.9. Схема подвесной установки БТИ-1

ветви каната, и они предназначены для прохода каретки. Верхняя ветвь запасована в роликовый башмак с несимметрично расположенной осью поворота. При этом более длинное плечо башмака для плавного выезда каретки находится со стороны грузового направления. Нижняя ветвь опирается на ролик, ручей которого сверху закрыт фиксатором. Каретка состоит из двух одинаковых секций, каждая из которых снабжена катком с фиксатором для опирания на верхнюю ветвь и устройством секторного типа с коушами для закрепления концов каната. Форма секторов соответствует форме ручья ролика с целью обеспечения плавного перехода через ролик роликоопоры. Несущая часть секущей каретки выполнена в виде трубы или имеет коробчатое сечение. На нижнюю ее часть надевается стропа для зацепки леса.

Работа установки происходит следующим образом. При помощи канатоведущего шкива каретка подается на лесосеку и далее при помощи барабана путем поперечного перемещения роликоопоры к месту повала леса. Чокеровка леса производится в двух точках после опускания каретки путем сбрасывания натяжения тягово-несущего каната. Для подъема груза вновь натягивается канат, и вытравливанием дополнительного каната каретка перемещается к середине лесосеки. Эта операция необходима для обеспечения прохо-

да каретки через роликоопору. Далее при помощи канатоведущего шкива древесина транспортируется к головной опоре, при этом каретка проходит через роликоопоры. У головной опоры производится перецепка леса на каретку основной канатной установки.

Установка БТИ-1-А предназначена как для подвесной, так и для полуподвесной транспортировки леса с возможностью подтаскивания древесины к волоку со стороны. В конструкции каретки предусмотрены установка направляющего блока для сборного кана-

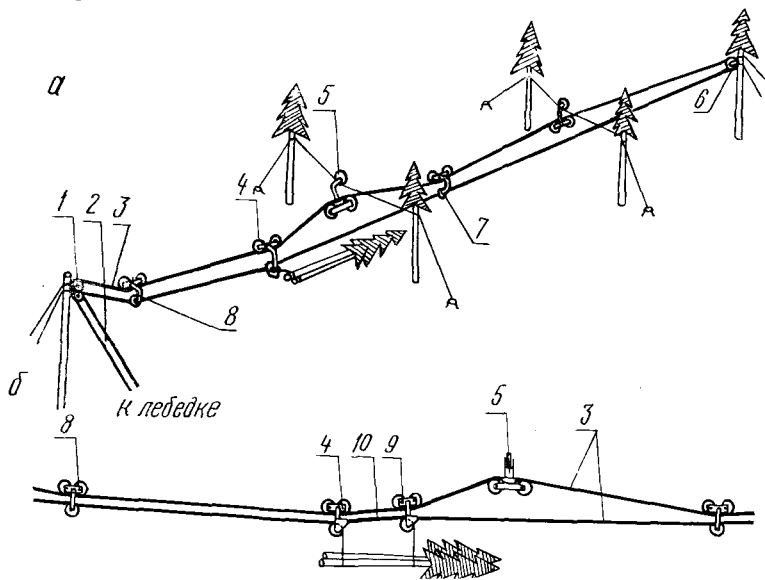


Рис. 6.10. Многопролетная установка БТИ-1-А:  
 а — для полуподвесной трелевки; б — для подвесной трелевки

та, а также элементы автоматики. Схема установки показана на рис. 6.10. По принципу действия она отличается от установки БТИ-1 тем, что многопролетной является только верхняя ветвь тягово-несущего каната, опирающаяся на роликоопору, имеющую только один башмак. Однако эффект увеличения грузоподъемности канатной системы за счет спаренной работы ветвей тягово-несущего каната здесь достигнут при помощи каретки и двух дополнительных связей ветвей, находящихся в пролетах, смежных с пролетом, в котором расположена каретка. Для движения каретки по всей длине установки связи при подходе к концевым опорам автоматически отсоединяются от каната, взаимодействуя с фиксаторами.

Канатная оснастка установки состоит из тяговой 2 и возвратной 3 ветвей замкнутого тягово-несущего каната; роликоопоры 5; каретки 4 с направляющим блоком для сборного каната, который соединен с возвратной ветвью; передней 8 и задней 7 связей, взаимодействующих с фиксаторами, установленными на блоках головной 1 и концевой 6 опор. Каретка и связи соединены с нижней ветвью каната и опираются катками на верхнюю ветвь. При этом со-

единение каждой из связей с нижней ветвью осуществляется с помощью подпружиненного замка и бобышки, закрепленной на канате.

Работа установки в отношении чокеровки леса и трелевки происходит по схеме СТУ-ЗС с той разницей, что передача нагрузки на верхнюю ветвь производится как при помощи каретки, так и связей. При подходе к концевым опорам замок передней или задней связей выключается от упора в фиксатор, которым каретка удерживается у опоры. При этом бобышка, освобождаясь, проходит блок, двигаясь с канатом. Отсоединение связи от каната позволяет каретке приблизиться к опоре. При реверсировании каната бобышка вновь автоматически соединяется со связью, отсоединяя ее от фиксатора и увлекая вместе с канатом. Для подвесной трелевки каретка снабжается дополнительной секцией 9 без фиксатора сборного каната и дополнительной стропой 10, присоединяемой к основной секции каретки. Зацепка второго конца пачки производится после подтаскивания ее к волоку сборным канатом первой секции и после опускания каретки.

### 6.5. Специальные виды канатных установок

Секторной установкой производится разработка лесосеки при сплошных рубках, в углах которых расположены головная и концевые мачты. Роль последних выполняют растущие деревья. Установка работает (рис. 6.11) от лебедки 1, обеспечивающей реверсивное движение тягово-несущих канатов с определенным провесом, при помощи специальной лебедки синхронно-барабанного или шкивного вида. Канатами 2 и 3 вдоль границ сектора возвратно-поступательно перемещаются каретки 4. Запасовкой канатов каретки соединены между собой. Навивка-свивка сразу двух концов тяговой ветви вызывается уменьшением длины участков канатов, соприкасающихся с древесиной, а следовательно, стремлением к сокращению износа канатов. Установкой возможна полуподвесная и подвесная трелевка леса. После подачи кареток на лесосеку к «стене» леса и опускания канатов производится повал леса на участок каната между каретками. Деревья зацепляются чокерами, надетыми на тяговую ветвь каната. После натяжения канатов и движения кареток к головной мачте деревья перемещаются от места повала к мачте, объединяясь в процессе движения в пакет. Аналогично производится трелевка и предварительно поваленных деревьев. С целью исключения трения возвратных ветвей о стоящие деревья, расположенные внутри сектора, целесообразно применение скользящих блочных опор, которые закрепляются стропами за пни в местах зацепки леса.

Каретки снабжены подпружиненными зажимами, к рычагам которых присоединены возвратные ветви канатов. Это позволяет при зацепке леса удерживать каретки и возвратные ветви в воздухе, что сокращает время на опускание и подъем канатной системы. Для подвесной трелевки необходима установка дополнительных



двух кареток и соединение между собой возвратно-несущих канатов. Трелевка в этом случае будет бесчокерной, так как повал леса может производиться на два каната.

Полуподвесная установка с прицепом на канатной тяге предназначена для полуподвесной трелевки леса в горной местности на сравнительно ровных склонах, имеющих однообразный уклон к подножью, где проходит лесовозная дорога.

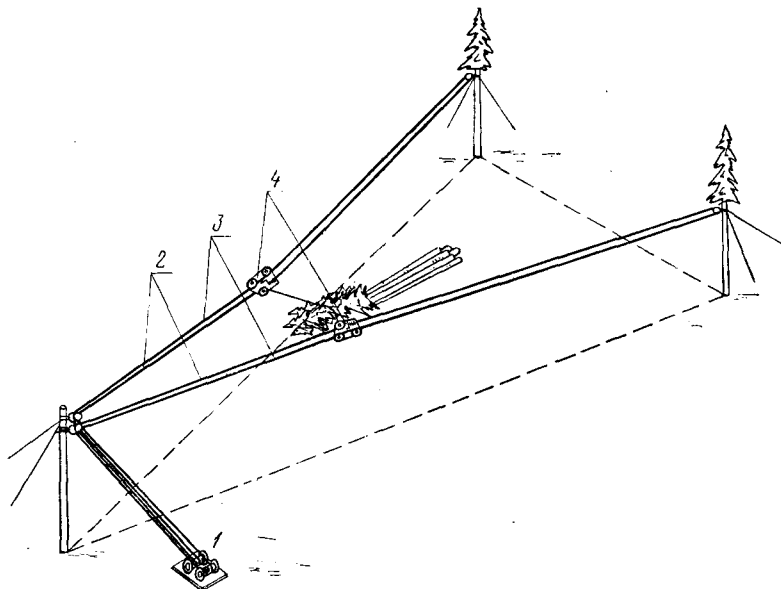


Рис. 6.11. Схема секторной установки для полуподвесной трелевки

Отличительными признаками этого вида транспорта являются: отсутствие чокеровки — повал деревьев производится на подпружиненный канат прицепа, при котором смягчается удар и исключается повреждение прицепа и излом стволов; большая грузоподъемность при значительных расстояниях трелевки; простота монтажа и демонтажа.

Установка состоит из лебедки 1 для привода замкнутого контура канатов 2 и 3, трелевочного прицепа 4, соединенного с тягово-несущим 2 и возвратно-несущим канатом 3 по определенной схеме запясовки (рис. 6.12).

Для работы установки требуются три блока, два из которых крепятся на головной мачте, а третий — в конце лесосеки. В процессе работы прицеп перемещается канатной тягой по склону вдоль стены леса. При этом не исключена его транспортировка без нагрузки по воздуху. Повал леса на ширине полосы, равной высоте дерева, во избежание поломки стволов производится на подпружиненный канат 5 прицепа, закрепленный между жесткими стойками. После набора воза деревья опускаются на раму (при освобождении одного из концов подпружиненного каната) и производится увязка воза

отдельным канатом, необходимое усилие в котором создается от натяжения основных канатов. Для подбора не взятых при помощи прицепа деревьев в комплекте установки предусматривается каретка для полуподвесной трелевки, занимающая в этом случае место прицепа.

Дальнейшее развитие конструкций канатных установок с наземным несущим органом привело к созданию валочно-пакетирующей

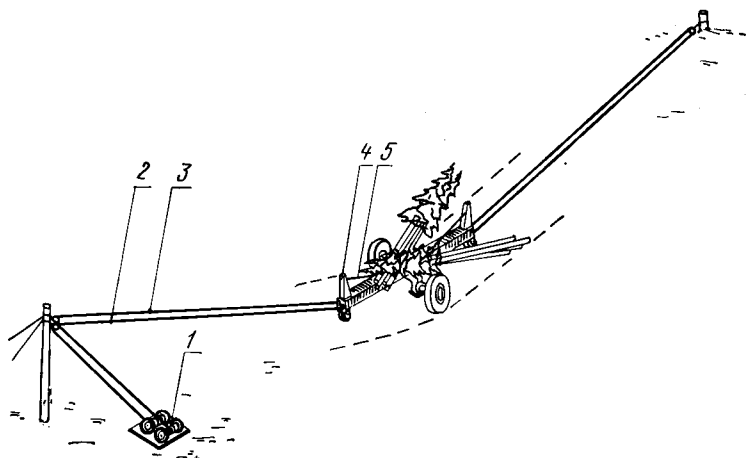


Рис. 6.12. Установка БТИ имени С. М. Кирова с наземным грузонесущим органом в виде прицепа

щей установки для горных лесосек конструкции ИФЦНИИМЭ. Такая установка предназначена для срезания деревьев и укладки их в пакетирующее устройство, расположенное на канате с последующим спуском древесины в подвешенном состоянии к погрузочному пункту. Валочно-пакетирующая машина монтируется на специальном шасси с механизмом установки несущей части машины в горизонтальное положение на косогоре. Технологическое оборудование машины состоит из стрелового упора, который при помощи роликовой каретки опирается на ветвь тягово-несущего каната, и поворотного круга с телескопической стрелой, на конце которой расположены захват и пильное устройство для срезания деревьев. Вся система управления механизмами стрелы, захвата дерева и пильного устройства — гидравлическая, работает от двигателя и насосной станции, расположенных на шасси машины.

### 6.6. Канатоведущие шкивы для привода замкнутого тягово-несущего каната

К приводу замкнутых канатов предъявляются следующие требования: обеспечение передачи необходимого тягового усилия; сокращение затрат на монтаж на лесосеке; высокая долговечность работы каната; простота конструкции и обслуживания.

Канатоведущие шкивы с параболической поверхностью ручья насаживаются либо на вал тракторной лебедки (СТУ-3С), либо делаются из двух половин, которые надеваются на поверхность барабана и стягиваются между собой болтами (ЛЛ-12А и др.). Для обеспечения необходимой силы сцепления канат укладывается в ручей несколькими витками, а сбегающая ветвь натягивается отдельным канатом от барабана или перемещением лебедки.

Для обеспечения работы шкива необходимо поперечное скольжение набегающего витка к центру шкива. Форма поперечного сечения ручья рассчитывается по формуле

$$y = \frac{x^2}{ad_k},$$

где  $a$  — опытный коэффициент:  $a = 7 \dots 9$ ;  $d_k$  — диаметр каната;  $x, y$  — координаты параболической поверхности, считая от реборды.

Тяговые свойства шкива могут быть ориентировочно определены по формуле Эйлера

$$S_1 = S_2 e^{\mu \alpha},$$

где  $S_1$  и  $S_2$  — усилия в набегающей и сбегающей ветвях каната;  $\mu$  — коэффициент трения каната на поверхности шкива;  $\alpha$  — угол обхвата.

Более точный расчет требует учета продольного и поперечного скольжения каната и бокового сцепления витков между собой.

Преимущество шкива с параболической поверхностью ручья — простота конструкции и однозначность перегибов на нем каната. Основной недостаток из-за большого скольжения — интенсивный абразивный износ каната, что в несколько раз снижает его долговечность по сравнению с работой на блоках.

Канатоведущие шкивы с рифленой поверхностью ручья обеспечивают высокие сцепные качества и продолжительный срок службы каната. Рифления в виде отпечатков прядей каната соответствуют углу и шагу свивки каната.

На рис. 6.13 изображен рифленый шкив конструкции В. Д. Мартынихина и А. В. Доменикана, который состоит из двух дисков 1, насаженных на ведущий вал и соединенных между собой болтами 2. В выточке дисков расположены клинообразные кольца 3 из качественной стали и подпружиненные секции 4 с рифлениями, образующими опорную часть ручья. Секции имеют скошенные боковые грани для заклинивания между кольцами от давления каната. Они подпружинены в радиальном направлении при помощи колец 5, а по дуге окружности — упругих стержней 7, которыми секции соединяются с неподвижным кольцом 6. Упругая податливость секций необходима для их установки по изменяющемуся при эксплуатации шагу свивки прядей каната.

При входе каната каждая из секций устанавливается по канату и заклинивается от его давления между дисками. При ходе — секции возвращаются в исходное положение, выдавливаясь из клиновой выточки при помощи упругих колец и одновременно устанавли-

ваясь с одинаковыми зазорами между собой за счет работы упругих стержней. Установка секций происходит автоматически.

На рис. 6.14 показан шкив с ручной регулировкой положения секций, которая выполняется периодически по мере вытяжки каната. Для этого секции жестко соединены с пальцами, расположенными в пазах боковин и опертыми своими скошенными концами на

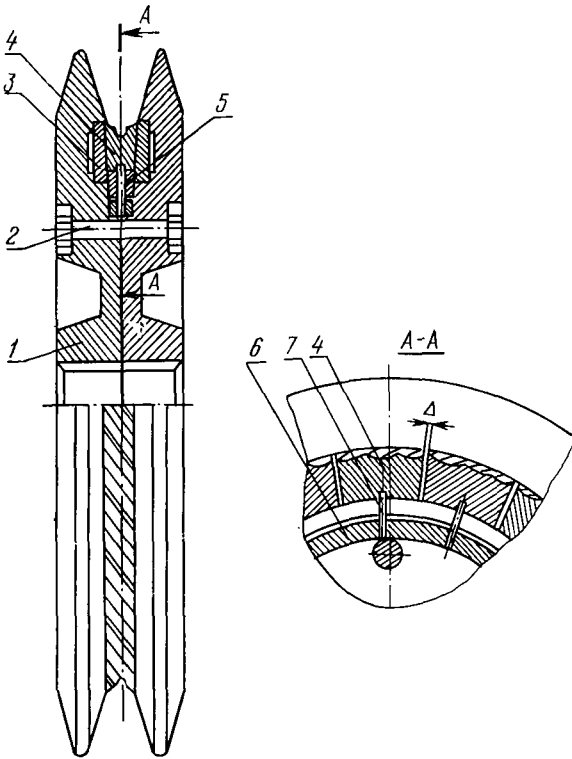


Рис. 6.13. Конструкция канатоведущего шкива с подпружиненным рифленным желобом

конические диски. Регулировка производится за счет зазоров между секциями путем их радиального перемещения при помощи конических дисков.

Расчет тяговой способности рифленных канатоведущих шкивов ведется по условию винтового скольжения по формуле

$$S_1 = S_2 e^{\frac{\alpha \mu \sin \varphi}{\sin \varphi \cos \varphi - \mu}},$$

где  $\varphi$  — угол наклона рифлений, равный углу свивки прядей каната.

Канатоведущий шкив с боковым прижатием каната (рис. 6.15) создан Б. И. Добромословым. Между вра-

щаящейся 7 и неподвижной 2 частями шкива расположены кольцо 6 с выточкой под канат и эластичный диск 5 для бокового прижатия каната, который посажен на пальцы 8. На эластичный диск давление передается через ролики 3 и копир 4. Последний в секторе между точками входа и выхода каната в пределах угла  $\beta$  имеет углубление, что обеспечивает свободный вход и выход каната со шкива на направляющие ролики 9 благодаря местной деформации эластичного диска. Боковое давление на канат создается при помощи гайки 1. Развиваемое шкивом тяговое усилие зависит от силы бокового прижатия каната и определяется из формулы

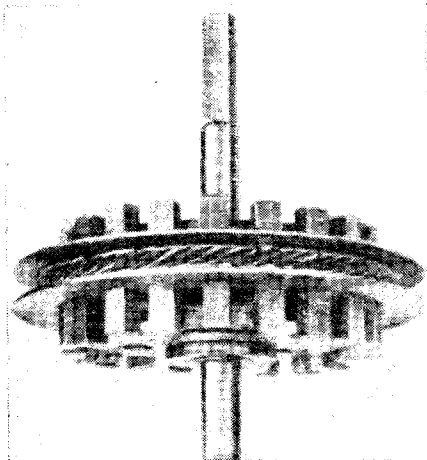


Рис. 6.14. Рифленный канатоведущий шкив с радиальным перемещением секций

$$\frac{(1 - \mu) S_1 + \frac{2P}{1,5\pi}}{(1 - \mu) S_2 + \frac{2P}{1,5\pi}} = e^{\mu (1 - \mu) \alpha},$$

где  $P$  — усилие бокового прижатия;  $1,5\pi$  — дуга, по которой передается боковое давление.

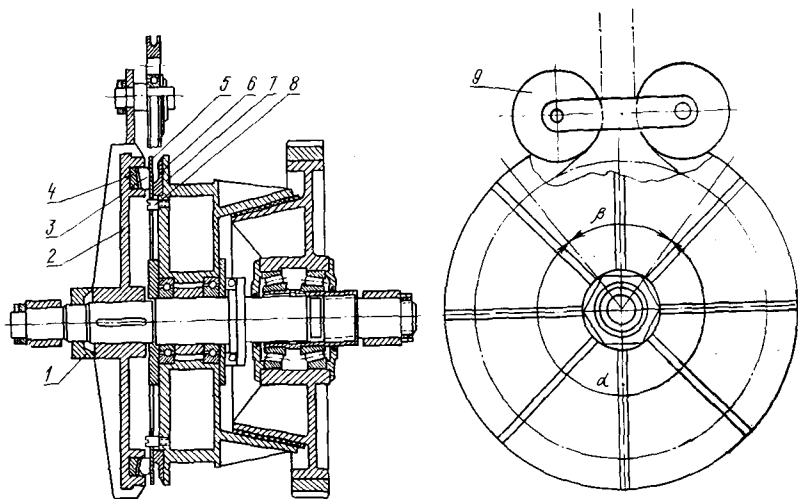


Рис. 6.15. Канатоведущий шкив с боковым прижатием каната

Канатоведущий шкив с боковым прижатием каната может работать с небольшими натяжениями сбегающей ветви.

Канатоведущий привод с переменным числом витков каната обеспечивает как замкнутое движение каната, так и намотку определенной длины каната на лебедку в виде запаса витков с последующим кольцевым движением всего каната. Такой привод лебедки позволяет обеспечить кольцевое движение каната при помощи канатоведущих шкивов, в том числе и рифленых, без устройства для натяжения сбегающей ветви. Установка имеет оптимальную канатоемкость.

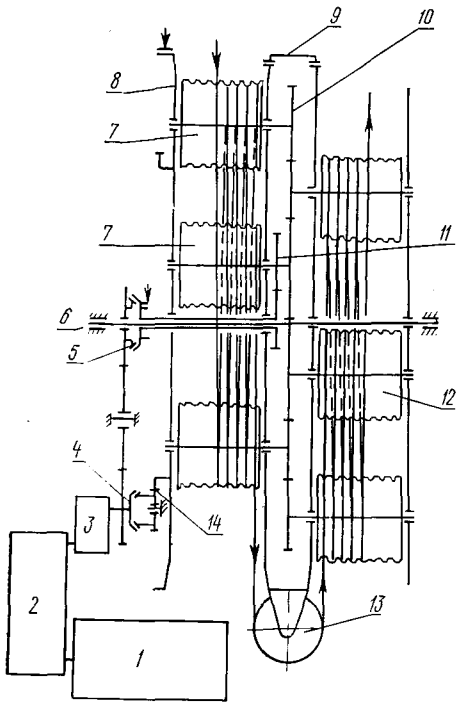


Рис. 6.16. Кинематическая схема барабанно-шкивной лебедки

На рис. 6.16 изображена кинематическая схема лебедки. Она содержит двигатель 1, коробку перемены передач 2, механизм реверса 3 и приводное устройство, которое соединяется с двигателем в зависимости от выполняемой операции при помощи муфт 4 и 5. Приводное устройство смонтировано на центральной оси 6 и состоит из левой 7 и правой 12 групп канатоведущих шкивов, расположенных по окружности с кольцевыми канавками. Оно выполнено в виде остова с ребрами 8 и корпусом редуктора 9, в котором расположены шестерни 10 и 11 шкивов, а снаружи установлен отклоняющий блок 13.

Вращение канатоведущих шкивов и всего приводного устройства относительно центральной оси осуществляется от отдельных передач. Для вращения всего приводного устройства на ребре 8 установлен зубчатый венец 14. В лебедке предусмотрено раздельное торможение канатоведущих шкивов и остова приводного устройства.

При работе лебедки в транспортном цикле канатоведущие шкивы левой и правой групп вращаются в противоположных направлениях. Канат с одной группы шкивов на другую переходит через блок. При этом остов приводного устройства заторможен. Изменение числа витков каната на канатоведущих шкивах левой и правой групп производится вращением приводного устройства относительно центральной оси, канатоведущие шкивы при этом заторможены. В зависимости от направления вращения приводного устройства

ветви каната или одновременно укладываются спирально в кольцевые канавки обеих групп шкивов или сматываются.

Работа приводного устройства при наматывании (сматывании) всего каната при монтаже (демонтаже) трелевочной установки производится после разъединения замкнутого каната в описанном выше режиме с той лишь разницей, что в этом случае имеет место навивка (свивка) каната в несколько слоев.

Определение тяговой силы, реализуемой шкивом, производится по формуле Эйлера или по формуле для рифленых шкивов с учетом общего угла обхвата канатоведущих шкивов канатом.

### 6.7. Привод замкнутого тягово-несущего каната барабанами лебедки

В основу барабанного привода замкнутого каната положен принцип регулирования соотношения угловых скоростей двух барабанов для движения канатной системы с заданным провесом. Это достигается за счет изменения скорости возвратного (холостого) барабана с помощью двухпоточной передачи с дифференциальным механизмом.

При определении параметров такой лебедки прежде всего требуется определить число слоев каната на барабанах

$$m_{\tau}^2 + m_{\tau} \frac{D_{\tau}}{d_{\tau}} - \frac{L_{\tau}}{\pi l_{\tau} \varepsilon \gamma} = 0,$$

где  $L_{\tau}$  — длина тяговой ветви каната;  $D_{\tau}$  — диаметр барабана;  $d_{\tau}$  — диаметр тяговой ветви каната;  $l_{\tau}$  — длина барабана;  $\varepsilon, \gamma$  — коэффициенты, учитывающие плотность укладки и радиальное сжатие витков на барабане.

Длина возвратной ветви в два раза больше, чем тяговой, и число слоев на возвратном (холостом) барабане может быть определено из другого квадратного уравнения

$$m_{\text{в}} + m_{\text{в}} \frac{D_{\text{в}}}{d_{\text{в}}} - \frac{2l_{\tau}}{l_{\text{в}}} \left( \frac{D_{\tau}}{d_{\tau}} m_{\tau} + m_{\tau}^2 \right) = 0.$$

Для синхронной работы барабанов по длине навивки и сматывания канатов при их многослойной укладке число оборотов возвратного барабана изменяется при помощи передачи и определяется по формуле

$$n_{\text{в}} = \frac{n_{\tau} [D_{\tau} + d_{\tau} (2m_{\tau} - 1)]}{D_{\text{в}} - d_{\text{в}} (2m_{\text{в}} - 1)},$$

где  $n_{\tau}$  — число оборотов тягового барабана, включенного в нерегулируемую ветвь трансмиссии.

К числу основных параметров синхронно-барабанной лебедки относятся круговое передаточное число в трансмиссии возвратного барабана и диапазон регулирования, а также распределение потоков мощности по ветвям и коэффициент полезного действия. Эти параметры рассчитываются по законам двухпоточной передачи.

В качестве бесступенчатого регулятора скорости может быть применена гидравлическая передача с гидромотором и насосом переменной производительности, как в лебедке ЛЛ-20, или вариатор скорости, как в лебедках ЛС-4 и БТИ имени С. М. Кирова. В качестве дифференциального механизма могут быть использованы планетарные механизмы типов 2К-Н и 3К.

Схема привода барабанов с механизмом 2К-Н показана на рис. 6.17. Водило дифференциального механизма соединено с возвратным барабаном. В зависимости от направления движения каретки он находится либо на выходе (грузовое направление), либо на входе (порожнее направление) передачи. Принятые на схеме обозначения:  $d$  — ведущее звено, связанное с двигателем;  $x$  — ведомое звено (барабан);  $k$  и  $b$  — центральные шестерни дифференциального механизма.

Расчет параметров производится на основе уравнений кинематической связи между звеньями дифференциального механизма без учета потерь на трение внутри механизма по следующим формулам.

Для передачи с дифференциальным механизмом на выходе

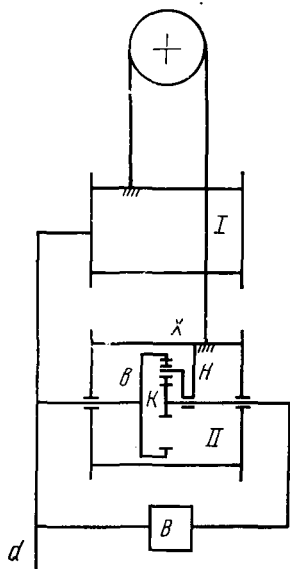


Рис. 6.17. Схема барабанного привода замкнутого каната с планетарным механизмом 2К-Н

$$i_{dx} = \frac{i_{dbx}}{1 - i_{dbkd}} \quad \text{или} \quad i_{dx} = \frac{i_{dkx}}{1 - i_{dkbd}},$$

где  $i_{dx}$  — передаточное отношение двухпоточной передачи от звена  $d$  к звену  $x$ ;  $i_{dbkd}$ ,  $i_{dkbd}$  — круговые передаточные числа замкнутого контура;  $i_{dbx}$ ,  $i_{dkx}$  — передаточное отношение части двухпоточной передачи через звено  $b$  при остановленном звене  $k$  и через звено  $k$  при остановленном звене  $b$ .

При помощи кругового передаточного числа находятся потоки мощности, передаваемые по обеим ветвям передачи через звенья  $k$  и  $b$ :

$$N_k = \frac{N_d}{1 - i_{dkbd}}; \quad N_b = \frac{N_d}{1 - i_{dbkd}}; \quad \frac{N_b}{N_k} = -i_{dkbd}.$$

Соотношение между крутящими моментами зависит от внутреннего передаточного отношения дифференциального механизма и равно

$$\frac{M_k}{M_b} = -i_{bk}.$$

Коэффициент полезного действия двухпоточной передачи определяется по формулам



$$\eta_{dx} = \frac{(1 - i_{dbkd}) \eta_{dbx}}{1 - i_{dbkd} \frac{\eta_{dbx}}{\eta_{xkd}}} \quad \text{или} \quad \eta_{dx} = \frac{(1 - i_{dkbd}) \eta_{dkx}}{1 - i_{dkbd} \frac{\eta_{dkx}}{\eta_{xbd}}},$$

где  $\eta$  — КПД отдельных участков передачи, вычисляется в направлении потоков мощности в соответствии с индексами.

Аналогичная методика применяется и для расчета передач с дифференциальным механизмом на входе.

Большое значение для барабанных лебедок с многослойной укладкой каната имеет защита витков на барабане от разрушения при их взаимном контакте. Для этого применяется полимерная или металлополимерная лента, которой обертывается канат на половину диаметра при входе на барабан. Такое устройство, предложенное В. Д. Мартынихиным и С. Н. Тереховым, монтируется на каретке канатоукладчика и состоит из катушки с лентой, привод которой через муфту предварительного момента осуществляется от барабана и пары направляющих роликов, проходя через которые канат обертывается лентой. В результате между витками образуется прослойка, предотвращающая витки от смятия при контакте между собой. При сматывании каната с лебедки лента убирается обратно на катушку.

## 6.8. Стальные канаты лесотранспортных установок

В канатных лесотранспортных установках преимущественно применяются открытые прядевые канаты двойной свивки (тросы). Работоспособность их зависит от правильного выбора конструкции по ГОСТу в зависимости от условий работы. Рекомендуются в основном канаты типов ЛК-Р  $6 \times 19 + 1$ ос ГОСТ 2688—69 и ЛК-0  $6 \times 19 + 1$ ос ГОСТ 3077—69, а также типа ТК  $6 \times 19 + 1$ ос ГОСТ 3070—74. Для несущих канатов целесообразно применение их с  $\sigma_p = 1700$  Н/мм<sup>2</sup> и в основном первых двух ГОСТов. Коэффициенты запаса прочности должны приниматься не менее 3...4 для тяговых, грузоподъемных, тягово-несущих и других, а для несущих — 2,5 и ниже. Однако пониженные запасы прочности могут назначаться с учетом действия динамических нагрузок. Срок службы канатов по механическим повреждениям устанавливается в зависимости от числа обрывов проволок на одном шаге свивки (табл. 6.5). Следует пользоваться временной инструкцией УкрНИИМОД и данными исследований ЛЛТИ.

По рекомендации ЛЛТИ в качестве критерия опасного состояния несущего каната следует принимать 15...16 обрывов проволок на шаге свивки или 4...5 обрывов на одной пряди на участке движения каретки.

При наличии у каната поверхностного износа или коррозии число обрывов проволок на шаге свивки уменьшается на следующую величину:

уменьшение диаметра проволок от износа и коррозии, %	10	15	20	25	30
принимаемый процент обрывов проволок от нормы браковки без учета износа и коррозии	85	75	70	60	50

При применении канатов односторонней свивки браковку производят по числу обрывов проволок, вдвое меньшему указанных.

Расход стальных канатов при эксплуатации определяется по действующим нормам расхода из расчета на 1000 м<sup>3</sup> переработанной древесины.

Табл. 6.5. Нормы выбраковки канатов по числу оборванных проволок на шаге свивки (по УкрНИИМОД)

Первоначальный коэффициент запаса прочности	Несущие канаты		Тяговые, грузоподъемные канаты											
	ГОСТ 3077-69	ГОСТ 3070-74	ГОСТ 2688-69			ГОСТ 3077-69			ГОСТ 3070-74					
			Геличина $\frac{D}{d_k}$											
			12	16	20	24	12	16	20	24	12	16	20	24
2,5	12	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	5	7	9	11	6	7	9	10	8	10	12	14
>4	—	—	6	8	10	12	9	10	11	12	10	12	14	16

Примечания: 1.  $D$  — диаметр блока (барабана);  $d_k$  — диаметр каната.

2. При обрыве пряди дальнейшая работа каната запрещается.

3. При подсчете обрывов наружных проволок в канате по ГОСТ 2688-69 обрыв двух тонких проволок принимается за одну.

## 6.9. Блоки и ходовые катки кареток канатных установок

Основными характеристиками блоков являются отношение его диаметра по дну ручья к диаметру каната, соотношение радиуса выточки ручья к радиусу каната, а также твердость материала ролика. Наибольшее распространение в канатных установках имеют подвесные блоки. Разработка их конструкций должна вестись по ГОСТ 13688-76. Основные параметры приведены в табл. 6.6. Материал желоба блоков должен иметь высокую твердость.

Новым направлением увеличения срока службы канатов является разработка в БТИ имени С. М. Кирова блоков с рифленой поверхностью желоба.

Особенностью этих блоков является то, что, во-первых, опорная поверхность их желоба представляет собой винтовые углубления в виде оттисков прядей каната, а во-вторых, эта часть желоба обладает упругой податливостью и состоит из отдельных дуговых подпружиненных между собой секций. Упругая податливость желоба необходима для обеспечения контакта прядей с впадинами рифленой поверхности в связи с изменениями шага и угла свивки прядей из-за упругих и остаточных деформаций, возникающих при работе каната, а также из-за различия канатов одного типоразмера в пределах допусков на изготовление.

Табл. 6. 6. Основные параметры подвесных блоков по ГОСТ 13688—76

Основные параметры	Типоразмеры									
	10	16	25	40	63	100	160	200		
Грузоподъемность (усилие на скобе) $Q$ , кН	10	16	25	40	63	100	160	200		
Диаметр каната (не более) $d_k$ , мм	6,2	7,4	9,9	12	15	19	22,5	27,5		
Разрывное усилие каната, кН, при $\sigma_p = 1800 \text{ Н/мм}^2$	27,5	34,3	60,5	82,7	132,5	205	303	448,5		
Коэффициент запаса прочности каната $n$ (не более)	4,6	4,3	4,8	4,13	4	4	3,8	3,4		
Отношение диаметра блока к диаметру каната (не менее) $\frac{D_{бл}}{d_k}$	20	20	20	20	20	20	20	20		
Диаметр блока $D_{бл}$ , мм	125	160	200	250	315	400	450	560		
Срок службы каната (расчетный) до разрушения / до выбраковки $N$ , тыс. пе- регов	18,3/8,25	16,7/2	19,7/8,85	15,1/6,8	13,8/6,2	13,8/6,2	11,2/5,08	11/5		
Радиус канавки (ручья) $r$ , мм	3,3	3,9	5,3	6,4	8	10	12	14,5		
Тип подшипника			Шариковый					Скольжения		
Количество подшипников в блоке, шт.	1	1...2	2	2	2	2	1	1		

При работе канатов на рифленых блоках уменьшаются контактные напряжения, а также местные деформации прядей и проволок в местах их контакта с желобом, называемые *вторичным изгибом*.

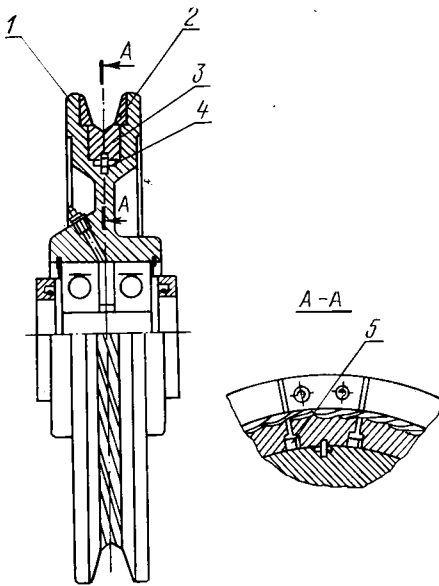


Рис. 6.18. Блок с рифленным желобом

На рис. 6.18 показан блок, в котором секционный желоб набран в кольцевой выточке ролика 1. Секции 3 длиной, равной половине или шагу свивки каната, устанавливают в выточке с зазорами, между их торцевыми гранями расположены упругие элементы 5, которые при сборке сжаты. Одна из секций во избежание вращения желоба относительно ролика может быть соединена с последним упругим стержнем 4, один конец которого закреплен на секции, а другой — в углублении ролика. Для сборки желоба на внутренних поверхностях реборд ролика предусмотрены местные вырезы на длину одной секции. После закладки последней секции в места вырезов устанавливаются вставки 2, которые прикрепляются к ребордам винтами.

Работа ходовых катков канатных установок рассматривается во взаимодействии с открытым несущим канатом двойной свивки. Нагрузка на каток принимается в соответствии с ГОСТ 17810—72. Катки изготавливают из стали с твердостью до 400 НВ.

Значительное увеличение срока службы канатов и катков достигается при применении катков с рифленой поверхностью желоба (рис. 6.19) с шагом рифлений, соответствующим шагу свивки прядей каната.

### 6.10. Основы расчета натяжений несущих канатов

Расчет стальных канатов, нагруженных поперечной нагрузкой, ведется по теории гибких нитей. Выбор метода расчета зависит от соотношения величины провеса в середине

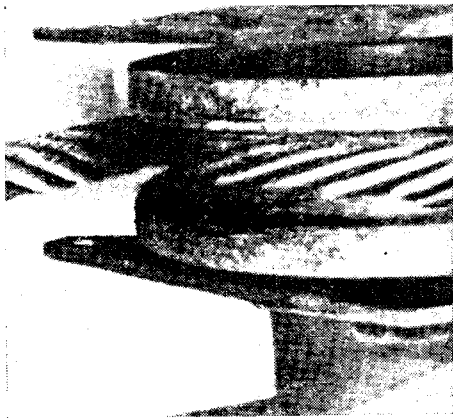


Рис. 6.19. Рифленый каток лесотранспортной канатной установки

пролета  $f$  к длине пролета  $l$ . При провесах  $f \leq 0,1l$ , принятых в лесотранспортных установках, натяжение канатов определяется по квадратной параболе, что дает допустимые для практики результаты по сравнению с более точным методом расчета по цепной линии.

Несущие канаты рассчитываются только на вертикальные нагрузки от действия силы тяжести каната и сосредоточенных сил. Расчет ведется как на статические, так и динамические нагрузки. Для каната в любом пролете

$$H = \frac{M_6}{f},$$

где  $H$  — горизонтальная составляющая натяжения;  $M_6$  — балочный изгибающий момент;  $f$  — провес каната в рассматриваемом сечении.

При опорах, расположенных на одном уровне,  $H \cong T$ , где  $T$  — натяжение каната.

При опорах, расположенных на разных уровнях,  $H = T \cos \alpha$ , где  $\alpha$  — угол наклона пролета.

При нагружении каната одной сосредоточенной силой, расположенной в середине пролета, натяжение

$$T = \frac{l^2}{8f \cos \alpha} \left( \frac{q}{\cos \alpha} + \frac{2P}{l} \right),$$

где  $l$  — длина пролета;  $f$  — провес каната под грузом;  $q$  — сила тяжести 1 пог. м каната;  $\alpha$  — угол наклона пролета;  $P$  — сосредоточенная сила.

Для наклонных пролетов полученное значение  $T$  будет средним, так как натяжения нижней и верхней опор разные. Они отличаются на величину  $\Delta h q$  ( $\Delta h$  — превышение верхней опоры над нижней). Расчетные формулы для нахождения натяжений по заданному провесу каната под грузом для других случаев приведены в графе 3 табл. 6.7.

Однако расчет натяжений таким образом для несущих канатов с закрепленными концами является только частью решения задачи. Формулы, приведенные в графе 3 табл. 6.7, отражают функциональную зависимость между  $T$  и  $f$ , но действительное соотношение между этими величинами зависит от первоначального (монтажного) натяжения каната и его упругого удлинения при нагружении. Поэтому расчет натяжения несущего каната ведется по кубическому уравнению, полученному из сопоставления длины каната до и после нагружения. Эта задача решается двояко: по известному монтажному натяжению находится рабочее или наоборот. Более рационально вести расчет вторым способом. При этом уравнение без учета влияния температуры имеет вид:

а) для однопролетных установок

$$T_0^3 + T_0^2 \left( \frac{EF \cos^2 \alpha}{2lT_1^2} \int_0^l Q_1^2 dx - T_1 \right) - \frac{EF \cos^2 \alpha}{2l} \int_0^l Q_0^2 dx = 0;$$

Табл. 6.7. Расчетные схемы и формулы для определения натяжения несущих канатов

Расчетные схемы	Значения интегралов поперечных сил	Формулы для определения рабочих натяжений по заданному провесу
1	2	3
	$\frac{q^2 l^3}{12 \cos^2 \alpha}$	$T = \frac{q l^2}{8 f \cos^2 \alpha}$
	$\frac{q^2 l^3}{12 \cos^2 \alpha} + \frac{P^2 x (l-x)}{l} + P q \frac{x (l-x)}{\cos \alpha}$	$T = \frac{x (l-x)}{2 f_x \cos \alpha} \left( \frac{q}{\cos \alpha} + \frac{2P}{l} \right)$
	$\frac{q^2 l^3}{12 \cos^2 \alpha} + C a \left[ C + \frac{q (l-a)}{\cos \alpha} \right] + (C - P_2) \times \left( C - P_2 + \frac{q b}{\cos \alpha} \right) + \frac{D l}{2} \left( D + \frac{q l}{2 \cos \alpha} \right)$	$T = \frac{l^2}{8 f_1 \cos \alpha} \left[ \frac{q}{\cos \alpha} + \frac{2 (P_1 + P_2)}{l} \right] - \frac{P_2 b}{2 f_1 \cos \alpha}$

Примечание. С и D — вертикальные составляющие опорных реакций для простой балки от действия сосредоточенных сил.

б) для многопролетных установок с идентичными пролетами (пренебрегая трением каната на промежуточных опорах)

$$T_0^3 + T_0^2 \left\{ \frac{EF \cos^2 \alpha}{2lmT_1^2} [(m-1) \int_0^l Q_0^2 dx + \int_0^l Q_1^2 dx] - T_1 \right\} - \frac{EF \cos^2 \alpha}{2l} \int_0^l Q_0^2 dx = 0, \quad (6.1)$$

где  $T_0$  и  $T_1$  — монтажное и рабочее натяжения;  $E$  — модуль упругости каната;  $F_m$  — металлическое сечение каната;  $m$  — число пролетов установки;  $Q_0, Q_1$  — поперечные силы в простой балке, соответственно от действия полной нагрузки и силы тяжести каната.

После введения обозначений

$$A_0 = \frac{EF \cos^2 \alpha}{2lT_1^2} \int_0^l Q_1^2 dx - T_1; \quad (6.2)$$

$$B_0 = \frac{EF \cos^2 \alpha}{2l} \int_0^l Q_0^2 dx;$$

$$A_1 = \frac{EF \cos^2 \alpha}{2lmT_1^2} [(m-1) \int_0^l Q_0^2 dx + \int_0^l Q_1^2 dx] - T_1.$$

Получаем уравнения вида:

$$T_0^3 + A_0 T_0^2 - B_0 = 0;$$

$$T_0^3 + A_1 T_0^2 - B_0 = 0.$$

Решение их дает один действительный и два комплексно-сопряженных корня.

Интегралы поперечных сил вычисляются по способу Верещагина. Для наиболее характерных нагрузок их значения приведены в графе 2 табл. 6.7.

Для решения кубических уравнений целесообразно пользоваться номограммой, приведенной на рис. 6.20. Для большого диапазона значений  $T$  и  $B$  она выполнена составной. Для нахождения по номограмме монтажного натяжения необходимо иметь значения коэффициентов  $A_0$  или  $A_1$  и  $B_0$ , а также рабочее натяжение  $T_1$ . Выбирая часть, где находится  $T_0$ , проводим горизонталь, соответствующую значениям вычисленного коэффициента  $A_i$  до пересечения с вертикалью, проведенной через точку, соответствующую значению  $B_0$ . Точка пересечения горизонтали и вертикали укажет на луч, показывающий величину монтажного натяжения.

Кубические уравнения этого вида удобно также решать способом итерации, пользуясь зависимостями

$$T_{n+1} = \sqrt{\frac{B_0}{T_n + A_i}}, \quad \text{если } 4A_i^2 + B_0 > 0; \quad (6.3)$$

$$T_{n+1} = \frac{B_0}{T_n^2} - A_i, \text{ если } 4A_i^2 + B_0 < 0;$$

$$T = \sqrt[3]{2B_0} - A_i, \text{ если } 4A_i^2 + B_0 = 0.$$

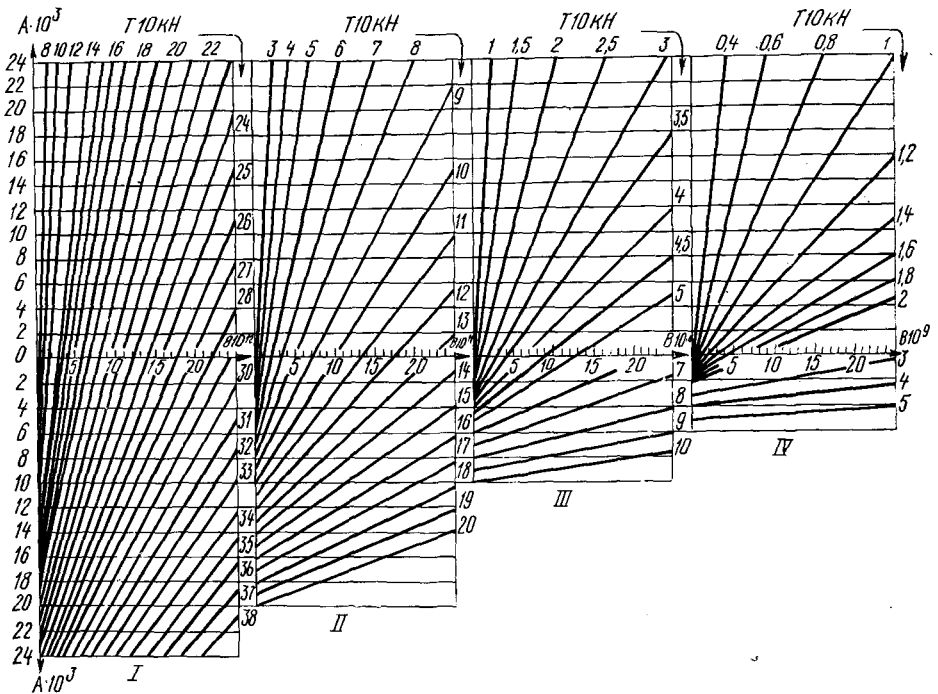


Рис. 6.20. Номограмма для определения натяжений несущих канатов

Расчет рабочих натяжений требует выполнения нескольких попыток, так как в формулы входит сила тяжести 1 пог. м каната, зависящая от величины натяжения. Чтобы облегчить расчет, следует принять

$$T_1 = \frac{F_M \sigma_{pa}}{n}, \quad (6.4)$$

а также для канатов с органическим сердечником

$$q = 0,1 F_M, \quad (6.5)$$

где  $q$  — сила тяжести 1 пог. м каната, Н;  $F_M$  — суммарная площадь поперечного сечения проволок каната (металлическое сечение), мм<sup>2</sup>;  $\sigma_{pa} \cong 0,85 \sigma_p$  — предел прочности проволок, отнесенный к агрегатной прочности каната, Н/мм<sup>2</sup>;  $n$  — коэффициент запаса несущего каната.



Тогда можно получить непосредственно металлическое сечение каната. Например, для случая с одним сосредоточенным грузом в середине пролета:

$$F_M = \frac{2Pln \cos \alpha}{8\sigma_{ра} f \cos^2 \alpha - 0,1l^2n} \text{ мм}^2.$$

Более точно по натяжению у верхней опоры  $F_{м.в}$  будет равно:

$$F_{м.в} = \frac{2Pn \cos \alpha (l + f \sin 2\alpha)}{8\sigma_{ра} f \cos^2 \alpha - 0,1ln (l + 2f \sin 2\alpha)} \text{ мм}^2.$$

В этих формулах величина сосредоточенной силы  $P$ , напряжения  $\sigma_{ра}$ , длина пролета  $l$ , провес каната  $f$  и угол наклона пролета  $\alpha$  принимаются соответственно в Н, Н/мм<sup>2</sup>, м, град.

По полученному  $F_M$  или  $F_{м.в}$  находится величина  $T$  по формуле (6.4), а также диаметр каната по формуле

$$d_k = \sqrt{\frac{1,27F_{м.в}}{k_n}},$$

где  $k \approx 0,5$  — коэффициент конструктивной плотности стального каната с органическим сердечником.

### 6.11. Основы расчета натяжений тягово-несущих канатов

**Общие сведения.** Особенности расчета тягово-несущих канатов определяются следующими основными факторами: 1) поперечная нагрузка воспринимается двумя ветвями, между которыми она распределена неравномерно; 2) на тяговую ветвь, кроме вертикальных сил, действует продольное усилие, необходимое для движения груза вместе с канатной системой; 3) натяжение замкнутого каната создается после каждой прицепки груза, и соотношение между натяжением и провесом не зависит от монтажной длины каната и его упругого удлинения.

Несмотря на различия в схеме запасовки каната для

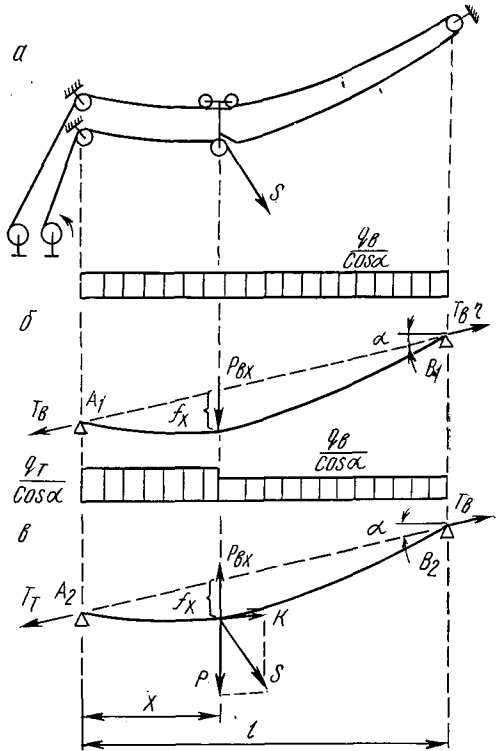


Рис. 6.21. Расчетная схема однопролетной установки с тягово-несущим канатом:

а — принципиальная схема; б — расчетная схема верхней ветви; в — расчетная схема нижней ветви

использования грузоподъемности обеих ветвей, методологический подход к расчету тягово-несущих канатов является единым. Он основан на методе сечений по связям между вставками, составлении уравнений отдельно для каждой ветви и в совместном их решении при условии равенства натяжений на концевой опоре с учетом или без учета потерь на блоках.

**Расчет натяжений однопролетной установки.** На рис. 6.21 изображены принципиальная и расчетные схемы однопролетной установки с параллельным расположением ветвей по всей длине пролета. По условию задачи к числу известных относятся и величина провеса каната в месте расположения каретки  $f_x$  и усилие в канате  $S$ . Верхняя ветвь нагружена равномерно распределенной нагрузкой от силы тяжести каната  $q_B$  и реакцией отброшенной связи  $P_{вх}$ , а нижняя — равномерно распределенной нагрузкой от силы тяжести возвратной  $q_B$  и тяговой  $q_T$  ветвей, силой  $P_{вх}$ , направленной вверх, и силами  $K$  и  $P$ , полученными после разложения  $S$  по двум направлениям — параллельному хорде пролета и по вертикали. Для каждой из ветвей записываются два уравнения натяжений относительно сечения  $x$  от сил, действующих справа. При условии, что

$$T_{B_1} = T_{B_2} \eta_6,$$

где  $\eta_6$  — коэффициент потерь на блоке. Решив эти уравнения, получим выражение для силы

$$P_{вх} = \frac{(Px - Kf_x \cos \alpha) \eta_6}{x(1 + \eta_6)} + \frac{x(q_T - q_B) \eta_6 - q_B l (1 - \eta_6)}{2(1 + \eta_6) \cos \alpha}, \quad (6.6)$$

в котором сила  $P$  может быть выражена через усилие  $S$ :

$$P = S(\cos \gamma \pm \sin \gamma \operatorname{tg} \alpha).$$

Знаки  $+$  и  $-$  соответствуют работе установки «на спуск» и «на подъем». Пренебрегая вторым членом формулы (6.6), получим значение  $P_{вх} = P_B$  при  $x = 0,5l$ :

$$P_B = \frac{S \sin \gamma \eta_6}{l(1 + \eta_6)} [l(\operatorname{ctg} \gamma \pm \operatorname{tg} \alpha) - 2f].$$

Значение двойных знаков то же, что и ранее. По известному значению  $P_B$  определяется натяжение верхней ветви  $T_B$  по табл. 6.7. Натяжение в тяговой ветви  $T_T = T_B + K$ , где  $K$  — сила, направленная параллельно хорде и необходимая для перемещения груза и канатной системы.

Для непосредственного определения сечения тягово-несущего каната целесообразно воспользоваться формулами (6.4) и (6.5) и тогда металлическое сечение возвратной и тяговой ветвей каната находится по формулам:

$$F_{м.в} = \frac{2P_B n \cos \alpha (l + f \sin 2\alpha)}{8\sigma_{pa} f \cos^2 \alpha - 0,1ln(l + 2f \sin 2\alpha)};$$

$$F_{м.т} = \frac{n(l \pm l \sin 2\alpha) [4(P - P_B) l \cos \alpha + q_B l^2 + 8Kf \cos^2 \alpha]}{l [16\sigma_{pa} f \cos^2 \alpha - 0,1ln(l \pm 3f \sin 2\alpha)]}.$$

При работе установки «на спуск» в формулах перед членами с двойными знаками берутся знаки минус, а «на подъем» — плюс.

**Расчет натяжений многопролетной установки.** На рис. 6.22 изображена расчетная схема многопролетной установки БТИ-1-А. К числу известных относятся длина и уклоны пролетов (приняты одинаковыми), усилие в сборном канате  $S$  и провес верхней ветви под кареткой  $f_k$ . Предварительно заданы также сила тяжести 1 пог. м канатов  $q_T$ ,  $q_B$  и коэффициенты потерь на блоках и роликах опор

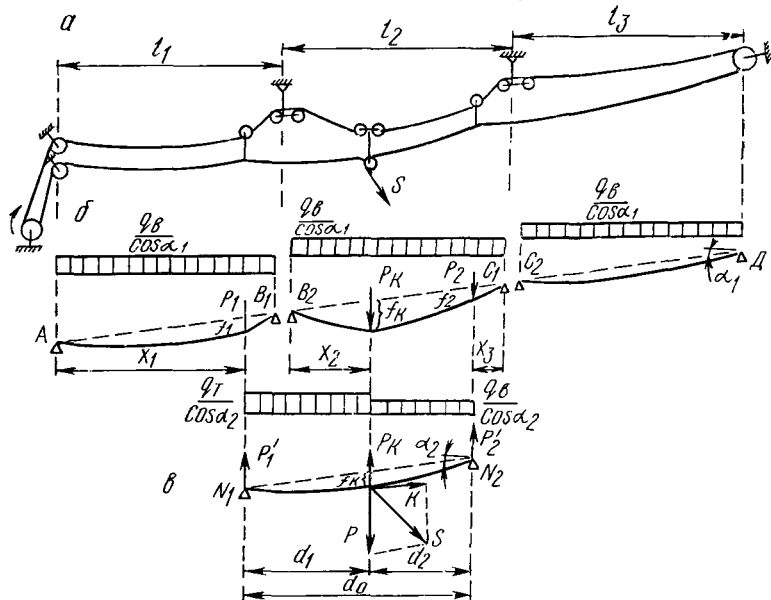


Рис. 6.22. Расчетная схема многопролетной установки с тягунесущим канатом:

*a* — принципиальная схема; *б* — расчетная схема верхней ветви; *в* — расчетная схема нижней ветви

$\eta_i$ . Определяются натяжения в возвратной  $T_B$  и тягунесущих ветвях  $T_T$  каната, нагрузки, передающиеся на верхнюю ветвь в местах расположения связей  $P_1$ ,  $P_2$  и каретки  $P_K$ , а также провесы верхней ветви под связями  $f_1$  и  $f_2$ .

Три уравнения составляются для пролетов верхней ветви:

$$Ax_1 - M_{1A} - T_B f_1 \cos \alpha_1 \eta_1 = 0;$$

$$B_2 x_2 - M_{KB} - T_B f_k \cos \alpha_1 \eta_2 = 0;$$

$$C_1 x_4 - M_{2C} - T_B f_2 \cos \alpha_1 \eta_2 = 0,$$

где  $A$ ,  $B_2$ ,  $C_1$  — опорные вертикальные реакции простых балок;  $M_{1A}$ ,  $M_{KB}$ ,  $M_{2C}$  — балочные изгибающие моменты от внешних сил в местах расположения связей и каретки.

Остальные уравнения составляются для нижней ветви. При этом для реальных условий в расчет может приниматься только пролет между связями, которые принимаются условно за опоры  $N_1$  и  $N_2$ .

Имея в виду, что на верхнюю ветвь передается также нагрузка от силы тяжести канатов, находящихся перед передней и позади задней связей, получим

$$P_1 = P'_1 + \frac{q_T x_1}{2 \cos \alpha_2}; \quad P_2 = P'_2 + \frac{q_B (l + x_4)}{2 \cos \alpha_2},$$

где  $P'_1, P'_2$  — опорные реакции на опорах  $N_1$  и  $N_2$  от нагрузки, действующей в пролете.

Можно записать также еще два условия:

$$\begin{aligned} T_T &= T_B + K; \\ P_1 + P_2 + P_K &= P + \frac{q_T (d_1 + 0,5x_1)}{\cos \alpha_2} + \frac{q_B (d_2 + x_4 + l)}{\cos \alpha_2}. \end{aligned}$$

Однако этих уравнений недостаточно, потому что в некоторых из них содержатся произведения  $T_B f'_1$  и  $T_B f'_2$ , и они являются нелинейными. Для решения способом подстановки необходимо составление еще двух уравнений, которые записываются для пролета  $N_1 N_2$  по аналогии пролетов верхней ветви, но с учетом действия силы  $K$ :

$$\begin{aligned} P'_1 d_1 - M_{N_1} - T_T f'_K \cos \alpha_2 &= 0; \\ P'_2 d_2 - M_{N_2} - T_B f'_K \cos \alpha_2 &= 0, \end{aligned}$$

где  $f'_K$  — провес каната под кареткой в пролете  $N_1 N_2$ .

Найденные величины  $T_T$  и  $T_B$  следует уточнить после выбора сечения каната и соответственно значений  $q_T$  и  $q_B$  и величин  $\eta_i$ , зависящих также от натяжения.

Для непосредственного определения металлического сечения каната и натяжений можно воспользоваться заменами  $T$  и  $q$  через  $F_M$  также по формулам (6.4) и (6.5).

При полуподвесной трелевке натяжение тягово-несущего каната регулируется за счет вытравливания из каретки сборного каната. При подвесной трелевке проследить траекторию движения груза и связанные с этим изменения натяжения можно путем сравнения всей длины гибкой нити до и после загрузки.

**П р и м е ч а н и е.** Исползованные в гл. 6 названия канатных установок БТИ-1, БТИ-1-А, БТИ имени С. М. Кирова не стандартизованы и поэтому являются условными.

## **Глава 7. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТА ЛЕСА**

---

### **7.1. Лесовозные автомобили и тягачи**

В лесной промышленности для вывозки леса используются почти все грузовые автомобили, а также специальные автомобили-лесовозы, имеющие технологическую оснастку в виде коников, прицепной балки (дышла), ограждения, лебедки и др.

Вывозка древесины производится поездными составами, представляющими собой автомобиль-тягач с роспуском, полуприцепом и прицепом на колесном или санном ходу.

В составе автопоезда тягачами служат автомобили повышенной проходимости и со специальным седельно-сцепным устройством.

Отечественная автомобильная промышленность выпускает различные модификации автомобилей-тягачей: ЗИЛ-157 КВ, ЗИЛ-130 В1, ЗИЛ-131В, КАЗ-608 «Колхида», МАЗ-504, Урал-377С, 375С, КрАЗ-258. Используются также автомобили повышенной проходимости ЗИЛ-157К, ЗИЛ-131, Урал-375Д, МАЗ-501, КрАЗ-255Б. Они имеют ведущие передние и задние мосты, раздаточные коробки, двигатели повышенной мощности.

Краткие технические характеристики лесовозных автомобилей приведены в табл. 7.1...7.3.

### **7.2. Агрегатные лесовозные машины**

При значительной разбросанности погрузочных пунктов, усложняющих организацию погрузочных работ, целесообразно применять специальные лесовозные автомобили, оснащенные самогрузочным оборудованием. Применение таких автомобилей дает следующие преимущества: повышается производительность труда комплексных бригад на лесозаготовках в результате более полного использования трелевочных тракторов без отвлечения их на погрузочные операции; увеличивается выработка лесовоза в связи с устранением простоев в ожидании погрузки; создаются межоперационные буферные запасы древесины, что позволяет организовать круглосуточную вывозку; простота разгрузки леса на нижнем складе; удобство подборки аварийного леса с магистральной лесовозной дороги.

Лесовозные автопоезда по способу погрузки бывают: с боковой погрузкой с помощью канатно-блочной системы; с контейнерной погрузкой и погрузкой с помощью гидрокрана.

Табл. 7. 1. Технические характеристики лесовозных автомобилей

Показатели	Модель		
	МАЗ-509А	МАЗ-509	КрАЗ-255Л
1	2	3	4
Общие данные	Минский автомобильный завод		Кременчугский автомобильный завод
Завод-изготовитель	Минский автомобильный завод		Кременчугский автомобильный завод
Назначение	Работа с двухосным роспуском на вывозке хлыстов и деревьев		
Грузоподъемность, кН	53,9	53,9	78,4
Число осей:			
общее	2	2	3
ведущих	2	2	3
Колесная формула	4×4	4×4	6×6
Масса, кг:			
сухого	8270	8270	11 360
снаряженного	8800	8800	12 390
полного	14 450	14 620	20 790
Габарит, мм:			
длина	6770	6770	8130
ширина	2600	2600	3000
Высота (по ограждению, по конику), мм	3020	2900	3370
База автомобиля, мм	3950	3960	5300
База тележки, мм	—	—	1400
Колея колес, мм:			
передних	1950	1950	2160
задних	1900	1900	2160
Наименьший дорожный просвет, мм	300	300	360
Наименьший радиус поворота, м	11,5	11,5	13,0
Наибольшая скорость автопоезда, м/с	18	18	18
Путь торможения автопоезда со скоростью 40 км/ч, м	21	21	18
Контрольный расход топлива автопоездом, л/100 км	48	48	50
<b>Двигатель</b>			
Модель	ЯМЗ-236	ЯМЗ-236	ЯМЗ-238
Тип	Четырехтактный		Дизельный
Расположение цилиндров	V-образный		
Число цилиндров	6	6	8
Наибольшая мощность при 2100 об/мин, кВт	133	133	176
Наибольший крутящий момент при 1500 об/мин, кНм	68	68	90
Топливо	Дизельное ДЛ и Л — летом ДЗ, З или ДА, А — зимой		
Силовая передача			
Сцепление	Двухдисковое сухое фрикционное		

1	2	3	4
Коробка передач	Механическая, пятискоростная, трехходовая с синхронизаторами на II...V передачах		
Передаточные числа коробки передач:			
I	5,26	5,26	5,26
II	2,90	2,90	2,90
III	1,52	1,52	1,52
IV	1,00	1,00	1,00
V	0,66	0,66	0,66
задний ход	5,48	5,48	5,48
Раздаточная коробка	Механическая двухступенчатая с межосевым цилиндрическим несимметричным дифференциалом	с	Механическая двухступенчатая с отбором мощности на лебедку, имеется межосевый дифференциал
Передаточные числа раздаточной коробки:			
низшие	1,635	1,63	2,28
высшие	1,18	1,18	1,23
Карданная передача	Три карданных вала и шесть шарниров	Пять валов	карданных открытого типа
Ведущие мосты	Передний и задний		Передний, средний и задний
Передаточное число мостов	8,28	8,28	8,21
Механизмы управления			
Рулевой механизм	Винт, гайка-рейка с перекатывающимися шариками, сектор зубчатый		
Усилитель Тормоза:	Гидравлический		
рабочий привод стояночный вспомогательный	Барабанного типа на все колеса Пневматический Барабанного типа, действует на трансмиссию Моторный		
Ходовая часть			
Рама	Штампованная, клепаная		Клепано-сварная
Колеса	Бездисковые		
Обод	8,5В-20	8,5В-20	440...533
Шины пневматические	320—508	12,00—20	1300×530×533
Давление воздуха в шинах, МПа	0,470	0,539	0,343
Электрооборудование			
Напряжение в системе, В	24	24	24
Генератор	Г-270А	Г-270А	Г-270А
Реле-регулятор	РР-127	РР-127	РР-127
Аккумуляторные батареи	6ТСТ-182-ЭМС	6ТСТ-165-ЭМС	
Стартер	СТ-103	СТ-103	СТ-103

1	2	3	4
<b>Кабина</b>			
Кабина	Цельнометаллическая, двухместная, двухдверная, откидывается вперед на угол около 45°	Металлическая, трехместная	
<b>Специальное оборудование</b>			
Лебедка	Барабанного типа, расположена в задней части рамы, предназначена для погрузки погрузки роспуска на тягач	Типа ЗИЛ-131, предназначена для погрузки роспуска на шасси автомобиля	Типа КрАЗ-255В, предназначена для погрузки роспуска на шасси автомобиля
Тяговое усилие, кН	49,0	68,6	78,4
Начальная высота погрузки древесины, мм	—	1655	1824
Коник	Сварной с откидными стойками, стоечными замками и тросами		
Расстояние между стойками коника, мм	2340	2360	2650
Высота стоек коника, мм	1260	1260	1500
Ограждение кабины	Сварной конструкции из металлических профилей		
Рама коника	Сварная, в передней части имеет защитный металлический пол		
Накатные плоскости для перевозки роспуска	Сварные		

По первому способу работают автопоезда ЛК-9, ЛТ-24, ЛТ-25 и сортиментовоз Коми Гипронилеспром (ЛМ1-ЦНИИМЭ). Силовым органом этих автопоездов является лебедка, управление которой осуществляется дистанционно с помощью переключателей на выносном пульте, что позволяет шоферу-оператору выбирать удобные позиции во время погрузки или разгрузки.

Наклоняющиеся коники с неоткидными стойками-мачтами и откидными погрузочными стойками облегчают процесс погрузки и выгрузки, позволяют автоматизировать опускание и подъем вспомогательных стоек, а также открывание автоматических замков откидных стоек. Соединение роспуска с автомобилем дышлое с крестообразной сцепкой.

По второму способу погрузки работают автопоезда АСК-1 на базе седельного тягача, КрАЗ-255В и ЛТ-43. Загрузка древесиной снятого и установленного на земле контейнера производится вручную или краном. Для погрузки на полуприцеп автопоезд задним ходом подходит к предварительно загруженному контейнеру. Тяговый трос лебедки пропускают через блоки контейнера и автомобиля и лебедкой натаскивают загруженный контейнер на автомобиль.

Автопоезд ЛТГ-95М работает по третьему способу погрузки древесины. Платформа полуприцепа перемещается при помощи гидроманипулятора и закрепляется в крайних положениях замками. Стойки полуприцепа откидные на двойных шарнирах, обеспечиваю-



Табл. 7. 2. Технические характеристики автомобилей повышенной проходимости, применяемых на вывозке леса

Показатели	Модель							
	ЗИЛ-130	ЗИЛ-157 с ле- бедкой	ЗИЛ-131 с лебедкой	Урал-375Д с лебедкой	Урал-377	КраЗ-255Б с лебедкой	КраЗ-257	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Грузоподъемность, кН	50	25	35	45	75	75	120	
Число осей:								
общее	2	3	3	3	3	3	3	
ведущих	1	3	3	3	2	3	3	
Масса, кг:								
сухого	4000	4850	5600	7805	6745	10 950	10 380	
снаряженного	4300	5800	6700	8400	7275	11 950	11 130	
полного	9525	8450	10 425	13 200	15 000	19 675	23 355	
Габарит, мм:								
длина	6675	6922	7040	7350	7600	8645	9660	
ширина	2500	2315	2500	2690	2500	2750	2650	
Высота:								
по кабине	2350	2360	2480	2680	2620	2940	2620	
по тенту	—	2975	2975	2980	—	3170	—	
База, мм:								
автомобиля	3800	4225	3975	4200	4200	5300	5750	
тележки	—	1120	1250	1400	1400	1400	1400	
Колея колес, мм:								
передних	1800	1735	1820	2000	2000	2160	1950	
задних	1790	1750	1820	2000	2000	2160	1920	
Наименьший дорожный просвет, мм	270	310	330	400	400	360	290	
Наименьший радиус поворота, м	8,0	11,2	10,2	10,5	10,5	13,0	12,8	
Наибольшая скорость, м/с	25,0	18,0	22,2	20,8	20,8	19,7	18,8	
Нуть торможения при скоро- сти, м	11 при 8,33 м/с	12 при 8,33 м/с	12 при 2,33 м/с	15 при 11,1 м/с	16 при 11,1 м/с	20 при 11,1 м/с	20 при 11,1 м/с	
Контрольный расход топлива, л/100 км	28	42	40	48	48	40	36	

1	2	3	4	5	6	7	8
Модель двигателя	ЗИЛ-130	ЗИЛ-157	ЗИЛ-131	ЗИЛ-375	ЗИЛ-375	ЯМЗ-238	ЯМЗ-238
Тип двигателя			Карбюраторный			Дизельный четырех- тактный	
Топливо	260—20	12,00—18	Бензин А-76 12,00—20	14,00—20	14,00—20	Дизельное 1300×530—533	12,00—20
Давление воздуха в шинах ко- лес, МПа:							
передних	0,35(0,45)	0,3...0,5	0,3...0,05	0,320...0,05	0,32	0,35...0,01	0,5
задних	0,5(0,6)	0,3...0,05	0,3...0,05	0,32...0,05	0,39	0,35...0,01	0,5
Лебедка	—	Барabanного типа с червячным редуктором			—	Барabanного типа с чер- вячным ре- дуктором	—
Тяговое усилие, кгс	—	4590	4500	7000	—	8000	—

Табл. 7. 3. Технические характеристики седельных тягачей

Показатели	Модель седельного тягача				
	ЗИЛ-130В1	Урал-375С	МАЗ-504А	МАЗ-5431	КрАЗ-258
Число осей	2	3	2	2	3
в том числе ведущих	1	3	1	2	2
Колесная формула	4×2	6×6	4×2	4×4	6×4
Допустимая нагрузка на седло, Н	54 000	55 000	77 500	72 000	120 000
Масса, кг:					
снаряженного	3860	7500	6400	7650	9680
полного	9485	13 300	14 375	15 000	21 905
Габарит, мм:					
длина	5280	6990	5630	6400	7375
ширина	2360	2500	2500	2600	2630
высота	2355	2690	2640	2850	2620
База, мм:					
автомобиля	3300	4200	3400	3950	4780
тележки	—	1400	—	—	1400
Колея колес, мм:					
передних	1800	2000	1970	1950	1950
задних	1790	2000	1860 (1900)	1900	1920
Наименьший дорожный просвет, мм	270	400	270	300	290
Наименьший радиус поворота, м	7,0	10,5	7,5	11,5	12,3
Наибольшая скорость, м/с	23,6	65	23,6	18,0	18,8
Путь торможения при скорости, м	13 при 8,33 м/с	21 при 11,1 м/с	21 при 11,1 м/с	21 при 11,1 м/с	25 при 11,1 м/с
Контрольный расход топлива, л/100 км	35	63	32	48	50
Модель двигателя	ЗИЛ-130	Урал-375	ЯМЗ-236	ЯМЗ-236	ЯМЗ-238
Наибольшая мощность, кВт	110	128	132	132	176
Топливо	Бензин	А-76		Дизельное	
Шины	260—20	14,00—20	11,00—20	320—508	12,00—20
Давление воздуха в шинах, МПа:					
передних	0,35(0,45)	0,32...0,05	0,6(05)	0,5	0,5
задних	0,5(0,6)	0,32...0,05	0,65(0,55)	0,5	0,55

щих поворот в продольном и поперечном направлениях. В табл. 7.4 приведены технические характеристики автопоездов-самопогрузчиков.

Табл. 7. 4. Технические характеристики автопоездов-самопогрузчиков

Показатели	Тип автопоезда							
	ЛК-9	ЛТ-24	ЛТ-25	ЛМ-1	Сортментовоз	ЛТ-43	ЛТ-95	
Базовый автомобиль	МАЗ-509П	МАЗ-509	ЗИЛ-131	ЗИЛ-157К	ЗИЛ-131	МАЗ-509	ЗИЛ-131В	
Базовый прицеп	Роспуск ТМЗ-803	Роспуск ТМЗ-803	Роспуск ТМЗ-802	Роспуск ТМЗ-802	Роспуск ТМЗ-804	ТМЗ-803	ОДАЗ-885	
Грузоподъемность автопоезда, кН	138,0	154,0	105,0	110,0	75,0	133,0	67,0	
Масса автопоезда (с грузом), кг:	26 600	29 000	22 000	22 000	16 700	29 000	17 000	
Габаритные размеры, мм:								
длина	13 160...	13 795...	13 875...	16 450...	10 040	11 200	11 560	
ширина	19 635	19 195	19 275	17 450	2500	2800	2500	
высота (без груза)	3000	3000	2850	2700	3260	3800	3800	
Начальная высота погрузки, мм:	3635	3585	3510	3680				
на автомобиле	1,740	1,750	1,595	1,670	1,630	0,350	1,500	
на роспуске	1,700	1,790	1,710	1,610	1,600	(высота днища контейнера на земле)	(на полуприцепе)	
Лебедка (или погрузочное устройство)	Двухбарабанная с независимым управлением соосно расположенными барабанами						Однобарабанная	Гидроманипулятор
Тяговое усилие (или грузоподъемность), кН	50 на верхних барабана	50 на верхних витках каждого барабана	26 на верхних витках каждого барабана	26 на верхних витках каждого барабана	50 на верхних витках барабана	50 на нижних витках барабана	Грузоподъемность гидроманипулятора 26	
Диаметр барабана, мм	175	175	175	190	190	130		
Диаметр троса, мм	15,5	15,5	15,5	13,0	13,0	15,0		
Тросоёмкость, м	55×2	45×2	45×2	50×2	50×2	25		
Скорость движения троса, м/с	0,20...0,33	0,18...0,30	0,18...0,33	0,3...0,4	0,3...0,4	0,13...0,30		
Коники, контейнер, захватное устройство	Коники, наклоняющиеся на сторону погрузки, полноповоротные	Коники, наклоняющиеся на сторону погрузки, полноповоротные	Коники, наклоняющиеся на сторону погрузки, полноповоротные	Коники, ус- тановлены на поперечных шариковых бесповоротных вьющихся	Контейнер (3 шт. в комплекте автопоезда)	Контейнер (3 шт. в комплекте автопоезда)	Захватное устройство гидроманипулятора	

### 7.3. Прицепной состав

На вывозке леса по лесовозным дорогам широко используются автомобильные поезда. Автопоезд состоит из автомобиля (тягача) и прицепных единиц — прицепа, полуприцепа и роспуска. *Прицепом* называется повозка, передающая вертикальную нагрузку от собственного веса и груза на дорогу через колеса. *Полуприцепы* представляют повозку, передающую часть вертикальной нагрузки (собственный вес и груз) на дорогу через колеса и часть нагрузки на автомобиль (тягач) через опорное седельное устройство. *Роспуск* — это повозка, предназначенная для длинномерного груза, вес которого передается на опорную поверхность частью через колеса автомобиля (тягача), частью через колеса роспуска.

Полуприцепы цельнометаллических конструкций состоят из рамы, поворотного коника с откидными стойками, опорных лап и ходовой части. Одноосные роспуски — из рамы, поворотного коника с откидными стойками, рессор, ходовой части на двухосных шинах и тяговых сцепных приборов (дышла и тросов крестообразной сцепки).

Рама двухосных роспусков имеет специальные опоры, которыми они устанавливаются на ось балансиров. Тросы крестообразной сцепки у роспусков крепятся к передним концам балансиров.

Технические характеристики прицепного состава приведены в табл. 7.5, 7.6.

### 7.4. Технологическая оснастка тягового и прицепного подвижного составов

Автомобили, используемые на вывозке леса, оборудуются специальными устройствами в соответствии с технологическим процессом, применяемым на лесозаготовительном предприятии. В зависимости от технологии вывозки леса автомобили по назначению и оборудованию разделяются на следующие группы:

- 1) автомобили, оборудованные кониками и тяговыми балками;
- 2) автомобили, оборудованные специальным седельным устройством;
- 3) автомобили, оборудованные и загруженные постоянным балластом;
- 4) автомобили, оборудованные оснасткой для самопогрузки и саморазгрузки леса.

Первая группа автомобилей получила наиболее широкое распространение. Лесовозные автомобили МАЗ-509 и КрАЗ-255Л оборудованы специальным технологическим устройством. Автомобили без специального заводского оборудования оборудуются им в РММ (ремонтно-механические мастерские) лесозаготовительных предприятий. Оборудование состоит из рамы с накатными плоскостями, буксирной рамки, коника, ограждения кабины и тросовой системы для крестообразной сцепки. На автомобилях со складывающимся

Табл. 7.5. Технические характеристики полуприцепов

Показатели	Полуприцепы					
	1-ПП-12,5	1-ПП-10	АПХ-2	1-ПП-9	2-ПП-8	2-ПП-18
Грузоподъемность, кН	125	100	90	90	80	180
Масса, кг	2643	2430	1597	1528	1890	3957
Габаритные размеры, мм:						
длина	5606	5606	4884	3810	5130	6745
ширина	2650	2650	2510	2600	2650	3300
высота	2900	2975	2676	2386	2730	3400
Начальная высота погрузки, мм	1450	1525	1576	1486	1630	1950
Расстояние между стойками, мм	2350	2350	2400	2400	2390	2980
Высота стоек, мм	1400	1400	1000	1000	1100	1450
Ширина колеи, мм	1920	2030	1676	1740	1750	2030
Дорожный просвет, мм	430	505	420	390	380	490
Тип подвески	Рессорная или безрессорная	Рессорная	Рессорная	Рессорная	Безрессорная	Балансирная
Тип рессор	Полуэллиптические с подпрессорником	Полуэллиптические	Полуэллиптические	Полуэллиптические	—	—
Сленка полуприцепа с роспуском	12,00—20	При помощи лышла и тросов крестообразной сцепки	без подпрессорников	15,00—20	9,00—20	12,00—18
Шины	4	2	4	4	4	4
Число шин	1-Р-8 или 2-Р-15	2-Р-12	1-Р-4 или 2-Р-8	1-Р-4 или 2-Р-8	2-Р-5	2-Р-12
Роспуск для работы с полуприцепом	МАЗы, ЗИЛы, КраЗы, оборудованные седельным устройством и ограждением кабины					
Тяговая машина						

Табл. 7.6. Техническая характеристика двухосных роспусков

Показатели	Двухосные роспуски			
	ТМЗ-802	ТМЗ-803	ТМЗ-803А	ТМЗ-804А
Количество осей	2	2	2	1
Грузоподъемность, кН	80	150	150	50
Масса, кг:				
собственная	2465	3360	2875	1050
полная	10 465	18 360	17 875	6050
Длина перевозимого груза, мм	6500...30 000	6500...30 000	6500...30 000	4500...6500
База, мм	1200	1350	1350	—
Колея, мм	1790	1920	1920	1790
Высота погрузки, мм	1530	1630	1630	1420
Наименьший дорожный просвет, мм	380	420	420	435
Количество колес	8	8	8	4
Шины	260—20	320—518 (12,00—20)	320—508 (12,00—20)	260—20
Давление воздуха в шинах, МПа	0,45	0,50	0,50	0,45
Габаритные размеры, мм:				
длина без дышла	2130	2500	2500	—
длина с дышлом	—	10 825...11 325	10 825...11 325	3,180
длина с транспортным дышлом, мм	3160	3810	3810	—
Ширина, мм	2375	2618	2618	2365
Высота по стойкам, мм	2780	2895	2895	2500
Расстояние между стойками коника, мм	2100	2260	2260	2075
Высота стоек коника, м	1200	1215	1215	1015
Наибольшая скорость автопоезда, м/с	20,8	20,8	16,6	16,6
Тормоза	Барабанного типа на все колеса на все Тормозов нет Тормозов нет			
Тип сцепки роспуска с тягачом	Тросовая крестовая и дышловая сцепка Через дышло			
Электрооборудование 24 В	Два задних фонаря: левый для освещения номерного знака с сигналом «стоп», правый — для подачи светового сигнала торможения «стоп», обозначения заднего габарита, заднего отражателя света и указателей поворота			

дышлом устанавливается лебедка для подъема прицепа-роспуска на шасси автомобиля.

Рама лесовозного оборудования сварная и состоит из продольных лонжеронов и поперечин. В средней части расположена опорная плита коника. К тяговой балке рамы крепятся тросы крестообразной сцепки роспуска.

Коник и представляют собой седельное поворотное устройство, через которое нагрузка от размещаемого на нем груза пере-

дается на раму автомобиля и оборудования. Коник состоит из основания, двух стоек, соединенных с основанием осью, и натяжных канатов с замками. Коник соединяется с рамой лесовозного оборудования при помощи шкворня, который крепится в гнезде гайкой.

Ограждение кабины выполнено сварным из уголкового проката и предохраняет кабину от ударов бревен во время погрузки и транспортировки.

Кроме крестовой сцепки, автомобиль с роспуском соединяет дышло (деревянное или металлическое), на конце которого находится прицепная скоба, надеваемая на буксирный прибор автомобиля.

Лебедка устанавливается в задней части рамы лесовозного оборудования. Привод ее осуществляется карданным валом от коробки отбора мощности.

На вывозке леса применяются также автомобили-тягачи, оборудованные седельным устройством. Седельное устройство двухшарнирное, создающее свободу качания на оси балансира в поперечном направлении и на оси седла в продольном до  $15^\circ$  в каждую сторону. Для установки седельного устройства в горизонтальное положение при движении без полуприцепа служат две амортизационные пружины. Седло в свободном состоянии под действием собственного веса опирается на салазки. На верхней плите седла расположен замок, автоматически запирающий шкворень полуприцепа. Замок состоит из двух захватов, свободно установленных на осях. Запорный кулак запирает захваты при перемещении их в заднее положение. Для открывания замка кулак отводится рычагом управления в переднее положение и фиксируется защелкой.

Для сцепки полуприцепа с тягачом тягач подают к прицепу задним ходом. Шкворень полуприцепа, перемещаясь между салазками, входит в развилку плиты и опирается в замок седельного устройства. Сцепка происходит автоматически.

При работе автомобилей-тягачей с седельным устройством целесообразно применять предварительную погрузку, так как при этом повышается сменная производительность за счет сокращения простоев под погрузкой и увеличения грузоподъемности автопоезда.

К третьей группе лесовозных автомобилей относятся автомобили, оборудованные специальными платформами, заполненными балластом — песком, гравием, камнем, бетонными и металлическими монолитами. Забалластированные тягачи лучше всего используются на вывозке леса по зимним дорогам. Прицепной состав может быть санным и колесным. Четвертую группу составляют агрегатные автомобили типа ЛК-9, ЛТ-25 и т. д.

## 7.5. Схемы лесовозных автопоездов

Наибольшее распространение получили поезда, состоящие из автомобиля и роспуска, оборудованных кониками. В основу формирования лесовозных автопоездов положены следующие принципы: максимальная грузоподъемность при регламентированном осевом



весе и удельных давлениях на путь, оптимальная энерговооруженность, достаточный уровень опорной проходимости и хорошие маневренность и управляемость.

Повышение грузоподъемности подвижного состава при строгой регламентации осевой нагрузки может быть достигнуто только пу-

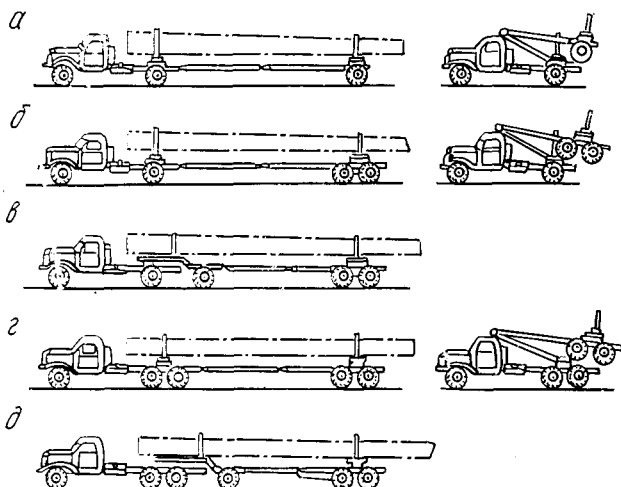


Рис. 7.1. Схемы лесовозных автомобильных поездов:

*а* — двухосный автомобиль с одноосным роспуском; *б* — двухосный автомобиль с двухосным роспуском; *в* — двухосный автомобиль с одноосным седельным полуприцепом и с двухосным и одноосным роспуском; *г* — трехосный автомобиль с двухосным роспуском; *д* — трехосный автомобиль с одноосным или двухосным полуприцепом и двухосным роспуском

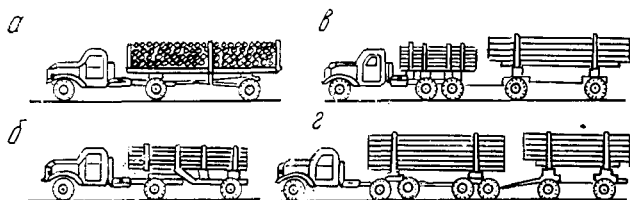


Рис. 7.2. Схемы поездов для сортиментной вывозки:

*а* — двухосный автомобиль, имеющий соединительную оснастку с одноосным колесным роспуском; *б* — двухосный автомобиль-тягач, имеющий опорно-сцепное устройство с одноосным колесным полуприцепом; *в* — трехосный автомобиль-тягач балластного типа с одним (или несколькими) двухосными прицепами; *г* — трехосный автомобиль, имеющий специальное оборудование с двухосным роспуском и двухосным прицепом

тем увеличения числа осей. Перспективными являются лесовозные автомобили с тремя и четырьмя ведущими мостами и многоосные прицепы. Снижение удельных давлений на опорную поверхность достигается за счет применения эластичных шин пониженного давления.

В лесной промышленности на вывозке леса используются в

вном две схемы лесовозных автопоездов: для вывозки древесины в хлыстах; для вывозки древесины в сортиментах.

Вывозка древесины в хлыстах дает следующие преимущества: увеличивается грузоподъемность поезда, представляется возможным работать со сменным прицепным составом; возрастает производительность. Автопоезда могут иметь прицепной состав осный и многоосный. Автомобили-тягачи имеют одну или несколько ведущих осей. На рис. 7.1 приведены схемы лесовозных поездов.

При вывозке древесины в сортиментах применяют автопоезда типов: автомобиль с роспуском, седельный тягач с полуприцепом и многокомплектные поезда. На рис. 7.2 показаны схемы поездов сортиментной вывозки.

## 7.6. Выбор типа лесовозного автомобиля

От типа лесовозного автомобиля зависят параметры и элементы трассы автомобильной дороги, капитальные вложения на ее строительство, а также эксплуатационные расходы по вывозке леса. Известно, что чем больше грузоподъемность автомобиля, тем большая нагрузка на оси и соответственно на конструкцию дороги. Увеличение нагрузок требует более капитальной дорожной одежды и других увеличенных параметров дороги.

Эксплуатационные и строительные затраты на автомобильную дорогу определяются технико-экономическими расчетами. Обычно выбирают величину предельного грузооборота дороги, при котором целесообразно переходить от легкого типа автомобиля к более тяжелому.

Величина предельного грузооборота определяется из выражения

$$M \geq \frac{[1000(S_1 - S_2)(E_n \lambda_{от.к} + 0,01n\beta) b_0 - (B'_{пут} - B_{пут}) \beta] L}{q_2 - q_1} \text{ м}^3/\text{год},$$

$S_1$  и  $S_2$  — стоимость строительства 1 м<sup>2</sup> дорожной одежды при вариантах загрузки на колесо, руб.;  $E_n$  — нормативный коэффициент сравнительной эффективности;  $E_n = 0,15$ ;  $\lambda_{от.к}$  — коэффициент отдаленности капитальных вложений;  $n$  — размер амортизационных отчислений, %;  $b_0$  — средняя приведенная ширина одежды, м;  $B_{пут}$  и  $B'_{пут}$  — затраты на эксплуатацию и содержание в исправном состоянии км путей постоянного типа двух вариантов;  $\beta$  — коэффициент, зависящий от схемы расположения транспортных путей:  $\beta = 0,2 \dots$ ;  $L$  — эксплуатационная длина дороги, км;

$$\frac{M_1}{P_1} = q_1 \text{ и } \frac{M_2}{P_2} = q_2,$$

$M_2$  — полная стоимость машино-смены автопоездов I и II вариантов, руб.;  $P_1$  и  $P_2$  — производительность лесовозных автомобилей I и II вариантов, м<sup>3</sup>/смену.

Указанное неравенство можно использовать при выборе типа лесовозного автомобиля. Как уже отмечалось, грузоподъемность

автопоезда зависит в основном от допускаемой нагрузки на одну шину и количества шин на колесах. Учитывая это и имея в виду, что увеличение нагрузки на шину вызывает удорожание дорожной одежды, можно считать достаточно обоснованной целесообразность увеличения количества колес, а следовательно, и шин у автопоезда.

Из изложенного можно сделать вывод, что автомобили, применяемые для вывозки леса, должны удовлетворять следующим основным требованиям: иметь повышенную мощность двигателя, обеспечивающую возможность работы автомобилей с прицепным составом, т. е. позволяющую вывозить лес автопоездами; шасси должно быть, как правило, трехосным (типа 6×6) со всеми ведущими осями и повышенной прочностью; трансмиссия тягача должна иметь в своем составе многоступенчатую коробку передач и демультипликатор; колеса на всех осях (кроме передних) должны быть спаренными, т. е. иметь по две шины на каждое колесо; шины должны быть по возможности большего диаметра, с большей шириной профиля, а рисунок протектора должен быть типа «дорожный» или «комбинированный»; шины с допускаемой нагрузкой 2400...3600 кг при давлении воздуха в пределах 0,40...0,45 МПа следует считать наиболее подходящими для дорог с нежесткими одеждами; на дорогах с жесткими покрытиями целесообразно применять шины большей грузоподъемности с давлением воздуха 0,50...0,55 МПа.

В настоящее время основными видами лесовозных автопоездов являются:

- 1) легкие автопоезда грузоподъемностью 8...12 т на базе ЗИЛ-157 (131, 133) + 2-Р-8А;
- 2) средние грузоподъемностью 15...17 т на базе МАЗ-509 + 2-Р-15;
- 3) тяжелые автопоезда грузоподъемностью 20...25 т на базе КрАЗ-255Л + 2-Р-15.

Легкие типы автопоездов целесообразно применять при небольших грузооборотах дорог (до 100 тыс. м<sup>3</sup>/год) и среднем объеме лесонасаждений до 0,25...0,3 м<sup>3</sup>. Средние и тяжелые — при больших грузооборотах дорог, имеющих усовершенствованные типы покрытий (гравийные, гравийные смеси с толщиной дорожной одежды 30...40 см или колеиные типы покрытий из железобетонных плит), при больших расстояниях вывозки в крупномерных лесонасаждениях.

## 7.7. Тяговые характеристики лесовозных автомобилей и тягачей

Тяговые характеристики показывают графическую зависимость касательной силы тяги и скоростей движения автомобилей на различных передачах. При построении тяговых характеристик определяют эффективные крутящие моменты в диапазоне рабочих оборотов двигателя через 100...200 об/мин. Касательная сила тяги  $F_k$  по крутящему моменту двигателя определяется из выражения

$$F_k = \frac{M_э i_{к.п} i_{р.к} i_0}{r} \eta_{тр} \text{ кН},$$

где  $M_э$  — эксплуатационный крутящий момент двигателя при максимальной мощности, кН·м;  $i_{к.п}$  — передаточное число коробки передач на включенной передаче;  $i_{р.к}$  — передаточное число раздаточной коробки;  $i_0$  — передаточное число главной передачи;  $r$  — динамический радиус шин ведущих колес, м;  $\eta_{тр}$  — механический КПД

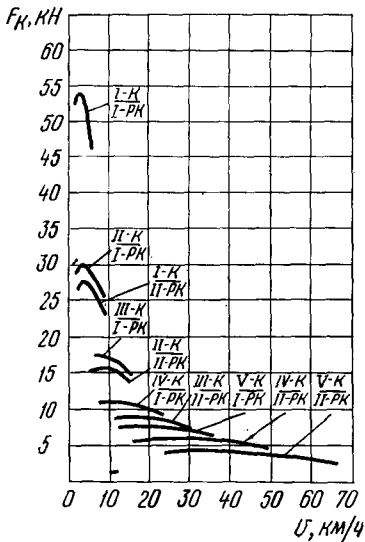


Рис. 7.3. Тяговая характеристика автомобиля ЗИЛ-157К

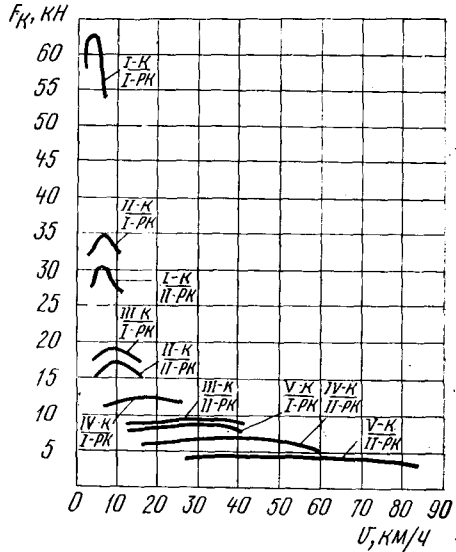


Рис. 7.4. Тяговая характеристика автомобиля ЗИЛ-131

трансмиссии, учитывающий потери на трение в элементах передачи мощности от двигателя к ведущим колесам.

Для определения типа автомобиля  $\eta_{тр}$ ,  $i_0$  и  $r$  можно принять постоянными, и тогда формула примет вид

$$F_k = \frac{\eta_{тр} i_0}{r} M_э i_{к.п} i_{р.к} \text{ кН}.$$

Скорости движения автомобиля в зависимости от числа оборотов двигателя  $n_{дв}$  и включенных передач определяют по формуле

$$v = \frac{0,1r}{i_0} \cdot \frac{n_{дв}}{i_{к.п} i_{р.к}} \text{ м/с}.$$

Тяговые характеристики автомобилей представлены графически на рис. 7.3...7.8. Каждая кривая соответствует определенному передаточному числу коробки передач и раздаточной коробки. При пятискоростной коробке передач и двухскоростной раздаточной коробке общее число кривых тяговой характеристики составит десять. На кривых обозначены:  $K$  — передачи коробки скоростей;  $PK$  — пе-

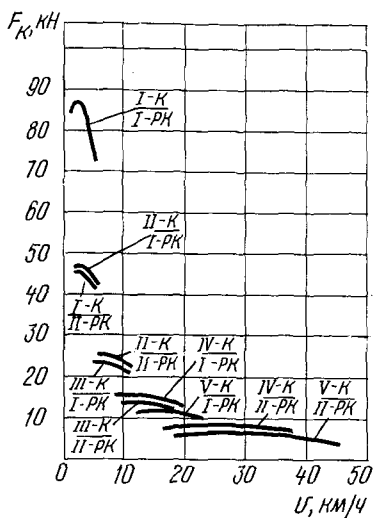


Рис. 7.5. Тяговая характеристика автомобиля МАЗ-501

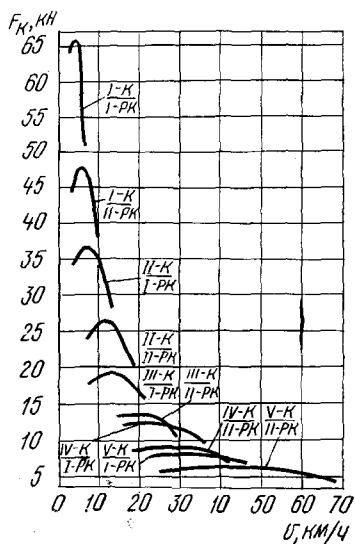


Рис. 7.6. Тяговая характеристика автомобиля МАЗ-509

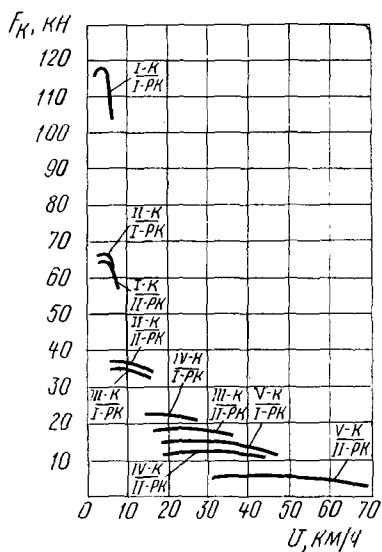


Рис. 7.7. Тяговая характеристика автомобиля КраЗ-255Л

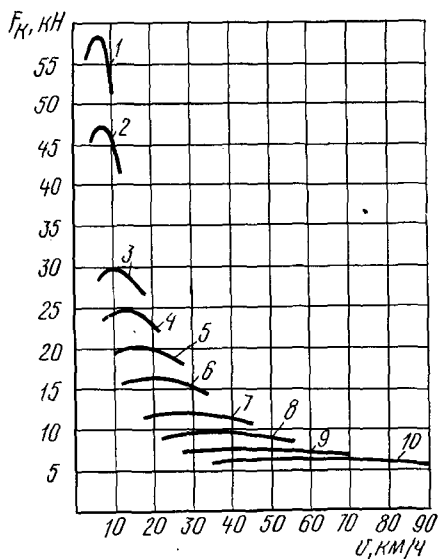


Рис. 7.8. Тяговая характеристика автомобиля КамАЗ-5320

редачи раздаточной коробки. Тяговые характеристики облегчают тяговые расчеты, позволяя подбирать режимы движения по графикам. Для этого необходимо определить суммарную силу сопротивления движению и соответствующую ей силу тяги по графику.

Приведенные на графиках тяговых характеристик величины касательной силы тяги могут быть использованы при достаточном сцеплении колес с поверхностью дороги. Для контроля касательной силы тяги по условию сцепления колес с полотном пути следует пользоваться формулой

$$F_{\text{сц}} = G_{\text{сц}} \cos \alpha \varphi \cong G_{\text{сц}} \varphi \text{ кН},$$

где  $G$  — сцепной вес автопоезда, кН;  $\alpha$  — угол уклона дороги, град;  $\varphi$  — удельная сила сцепления тягача с полотном пути, кгс/тс. Определив по тяговой характеристике касательную силу тяги по мощности двигателя и сцеплению, для дальнейших расчетов принимаем меньшее значение.

## 7.8. Тягово-эксплуатационные расчеты автомобильного лесотранспорта

**Силы, действующие на поезд.** В процессе движения на автомобильный поезд действуют силы тяги, притяжение земли (вес автопоезда), естественные и искусственные силы сопротивления в следующих комбинациях: силы тяги и силы сопротивления; силы сопротивления; тормозные силы и силы сопротивления. Силы притяжения действуют на поезд постоянно. Равнодействующая сил, приложенных к поезду, взятая в направлении движения, определяет характер этого движения.

Рассмотрим физическую сущность и зависимость сил, действующих на автомобильный поезд. Сила тяги автомобиля возникает в результате сгорания горючей смеси в цилиндрах двигателя, наличия реактивных сил, приложенных от дороги к колесам. При сгорании

топлива в двигателе тепловая энергия превращается в механическую. Механическая энергия создает на коленчатом валу двигателя крутящий момент, который через трансмиссию передается к ведущим колесам и равен

$$M_{\text{кр}} = M i_{\text{к.п}} i_0 \eta \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где  $\eta$  — механический коэффициент полезного действия силовой передачи:  $\eta = 0,80 \dots 0,85$ .

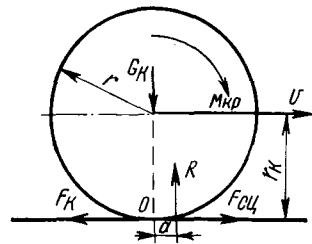


Рис. 7.9. Схема действия сил на движущееся колеса

Крутящий момент  $M_{\text{кр}}$  в точке соприкосновения колес с дорогой (рис. 7.9) вызывает касательную силу  $F_{\text{к}}$ , а также равную ей по абсолютной величине, но направленную в обратную сторону реактивную силу.

Нормальная реакция дороги  $R$  при жесткой ее поверхности направлена вертикально вверх, а точка ее приложения смещена в сто-

рону движения на величину  $a$ , являющуюся плечом силы трения качения. Так как величина  $a$  сравнительно небольшая, то и влияние смещения точки приложения реакции на касательную силу незначительно и практически им можно пренебречь.

Значение касательной силы можно получить из выражения

$$F_k = \frac{M_{кр}}{r_{кач}} = \frac{M_{i_{к.п}i_0\eta_m}}{r_{кач}} \text{ кН,}$$

где  $r_{кач}$  — расчетный радиус колес:  $r_{кач} = 0,96$ .

При известной эффективной мощности двигателя  $N_{эф}$  и линейной скорости  $v$  касательная сила будет равна

$$F_k = \frac{N_e}{v} \eta_m \text{ Н.}$$

Перемещение ведущего колеса возможно при условии, если  $F_k \leq F_{сц}$ .

Максимально возможная величина силы  $F_{сц}$  называется *силой сцепления* колеса с дорогой и определяется по формуле

$$F_{сц} = P_{сц}\varphi,$$

где  $P_{сц}$  — сцепной вес автомобиля (вес, приходящийся на ведущие колеса автомобиля), кН;  $\varphi$  — коэффициент сцепления.

*Коэффициент сцепления* — это отношение окружного тягового или тормозного усилия  $F$  к давлению колеса на покрытие, при котором начинается пробуксовывание колеса. Он зависит от рисунка протектора шины, изношенности ее, химического состава резины, внутреннего давления воздуха, температуры шины и состояния покрытия. Под *состоянием покрытия* понимается его ровность, шероховатость, температура и влажность слоя, наличие на нем пыли и грязи.

При расчетах принимают следующие коэффициенты сцепления (табл. 7.7).

Табл. 7.7. Коэффициенты сцепления в зависимости от типа дорог

Типы автомобильных дорог	Коэффициент сцепления
Цементно-бетонные и асфальтобетонные	0,6...0,8
Щебеночные и гравийные с черным покрытием	0,6...0,7
Щебеночные и гравийные, не обработанные вяжущими материалами	0,4...0,5
Дороги с булыжной мостовой	0,3...0,6
Дороги лежневые	0,2...0,3
Грунтовая улучшенная в хорошем состоянии:	
сухая	0,25...0,35
влажная	0,25...0,3
Грунтовая дорога неровная, грязная, с колеями	0,40...0,70
Снежная дорога в удовлетворительном состоянии	0,15...0,40
Ледяная дорога	0,01...0,02

Касательная сила тяги в зависимости от скорости движения на различных передачах может быть представлена в виде тяговой

характеристики, а удельно-избыточная сила (динамический фактор) — в виде динамической характеристики. За расчетную принимается касательная сила тяги, которую автомобиль развивает при движении (трогании с места) на I передаче и которая может быть реализована по условиям его сцепления с дорогой.

Сопротивление движению автомобиля возникает в результате трения в подшипниках автомобиля; трения качения колес по дороге; ударов колес о неровности проезжей части; разложения веса автомобиля на уклонах; действия центробежных сил на закруглениях; наличия встречного потока воздуха и т. д. Общее сопротивление движению разделяется на основное и дополнительное. Основное действует на всем протяжении пути. Величина его зависит от типа автомобильной дороги и подвижного состава. Дополнительное действует на поезд в отдельных случаях и зависит от конкретных условий движения: сопротивления от уклонов, воздушной среды, инерции и сопротивления на кривой. Сопротивление движению всего поезда (автомобиля) носит название *полного*, а отнесенное к единице веса — *коэффициента сопротивления движению (удельного сопротивления)*.

Средние коэффициенты основного сопротивления движению для различных типов автомобильных дорог в зависимости от рода покрытия колеблются от 0,01 до 0,30 (табл. 7.8).

Табл. 7. 8. Коэффициенты сопротивления качению

Род покрытия	Коэффициенты сопротивления качению
Асфальтобетонное и цементно-бетонное	0,01...0,02
Черное щебеночное шоссе	0,02...0,025
Белое щебеночное шоссе	0,03...0,05
Булыжная мостовая	0,04...0,05
Гравийное	0,025...0,03
Грунтовая дорога ровная и сухая	0,04...0,05
Грунтовая дорога, неровная с увлажненным грунтом	0,07...0,15
Дорога по сыпучим пескам	0,15...0,30

Сопротивление движению, как правило, пропорционально весу автомобиля  $P$ :  $P_f = P f$ , откуда

$$f = \frac{P_f}{P}.$$

Коэффициент сопротивления движению  $f$  зависит от свойств колес, скорости движения и состояния проезжей части дороги. Чем больше деформируемость шины и меньше ее жесткость, тем больше коэффициент сопротивления. Для получения полного основного сопротивления движению автомобиля автопоезда необходимо его вес  $(P + Q)$  умножить на коэффициент сопротивления движению:

$$W_k = (P + Q) f.$$



Коэффициент дополнительного сопротивления от уклона дороги численно равен уклону, выраженному десятичной дробью.

Полное сопротивление движению от воздушной среды складывается из сил, действующих перпендикулярно к поверхности автомобиля, сил трения воздушного потока о наружную поверхность и сопротивления внутреннего потока для охлаждения двигателя и вентиляции кабины.

На основании законов аэродинамики

$$W_k = C\rho Sv^2, \quad (7.1)$$

где  $C$  — коэффициент, зависящий от формы автомобиля и степени гладкости стенки кузова:  $C = 0,35 \dots 0,88$ ;  $\rho$  — плотность воздуха, зависящая от атмосферного давления и температуры воздуха:  $\rho = 1,2 \dots 1,3$  кг/м<sup>3</sup>;  $S$  — лобовая площадь автомобиля:  $S = 0,775 BH$  м<sup>2</sup>,  $H$  — высота габарита автомобиля, м;  $B$  — ширина габарита автомобиля, м;  $v$  — скорость движения автомобиля относительно воздушной среды, м/с. Обозначив  $C\rho = k$ , зависимость (7.1) можно записать в виде

$$W_b = \frac{kSv^2}{1000} \text{ кН},$$

где  $k$  — коэффициент сопротивления воздуха, зависящий от формы кузова автомобиля (табл. 7.9).

Табл. 7. 9. Коэффициент  $k$  для разных типов автомобилей

Типы автомобилей	Коэффициенты сопротивления воздуха
Тяжелые грузовые	0,065...0,075
Средние грузовые	0,055...0,070
Автобусы	0,030...0,45
Легковые	0,020...0,030

Полное сопротивление от инерции при трогании с места и при ускорении движения определяется по формуле

$$W_j = \delta \frac{P}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \text{ кН},$$

где  $P$  — общий вес экипажа, кН;  $g$  — ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>  $g = 9,81$ ;  $\frac{dv}{dt}$  — ускорение движения, равное  $0,08 \dots 0,10$  м/с<sup>2</sup>;  $\delta$  — коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс автомобиля;

$$\delta = 1 + \sigma i_{к.п.}^2,$$

$\sigma$  — коэффициент, равный  $0,04 \dots 0,09$  (для современных автомобилей);  $i_{к.п.}$  — передаточное число коробки передач.

Коэффициент дополнительного сопротивления от инерции определяется как частное от деления полного сопротивления  $W_j$  на вес экипажа:

$$W_j = \frac{W_j}{P}.$$

Дополнительное сопротивление при прохождении кривых зависит от их радиуса, ширины колеи и других факторов. На автомобильных дорогах при нормальных радиусах кривых величина его настолько мала, что в практических расчетах его можно пренебречь. И только при минимальных радиусах кривых влияние дополнительного сопротивления становится ощутимым. Сопротивление от кривой будет разным для различных автопоездов. Его можно определить из следующего выражения:

$$W = \frac{300}{R}.$$

Сила торможения автомобиля возникает в результате действия тормозов. Расчетное значение тормозной силы автомобиля  $B_T = P_T \phi$ , где  $P_T$  — тормозной вес автомобиля, кН;  $\phi$  — коэффициент сцепления колес с дорогой.

Для прицепного подвижного состава тормозная сила  $B_{\Pi} = Q_{\Pi} \phi$ , где  $Q_{\Pi}$  — вес, приходящийся на тормозные колеса прицепного состава, кН. Коэффициент тормозной силы как отношение полной тормозной силы поезда к его весу определяется по формулам:

а) при наличии тормозов только на тягаче (автомобиле)

$$b_k = \frac{B_T}{P + Q};$$

б) при наличии тормозов на тягаче и некоторых колесах прицепного состава

$$b_k = \frac{B_T + B_{\Pi}}{P + Q};$$

в) при наличии тормозов на всех колесах автомобиля или автопоезда  $b_k = \phi$ .

**Уравнение движения поезда.** Силы, действующие на поезд, связаны между собой аналитическим выражением, называемым *уравнением движения поезда*.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{1 + \gamma} (f_k - \omega_0 - b_k \pm i),$$

где  $\frac{dv}{dt}$  — ускорение, м/с<sup>2</sup>;  $\gamma$  — коэффициент, учитывающий поправку на ускорение вращающихся масс:  $\gamma = 0,06$ ;  $f_k$  — удельная касательная сила тяги;  $\omega_0$  — основное удельное сопротивление движению;  $b_k$  — удельная сила торможения;  $i$  — продольный уклон дороги. Ускорение может быть отрицательным (замедление), положительным (разгон) и нулевым (постоянная скорость). Коэффициент  $\xi = \frac{g}{1 + \gamma}$  для автомобильного поезда зависит от передачи. Значение  $\xi = 9,24$  соответствует железнодорожным и автомобильным поездам на прямой передаче.

Уравнение движения приведено в общем виде. В частных случаях бывают разные сочетания действия сил: при работе тяговой машины ( $f_k > 0$ ) тормоза не должны действовать ( $b_k = 0$ ); при торможении поезда ( $b_k > 0$ ) тяговая машина должна быть выключена ( $f_k = 0$ ). Уравнение применяется для производства тяговых расчетов с определением времени хода, весовой нормы поезда, скоростей движения и уклонов. В случае равномерного движения поезда его ускорение равно нулю:

$$\frac{dv}{dt} = 9,24 (f_k - \omega_0 - b_k \pm i) = 0.$$

Если поезд движется под действием силы тяги с равномерной скоростью, то  $b_k = 0$  и  $f_k = \omega_0 \pm i_k$  или  $F_k = W_0$ , где  $F_k$  — сила тяги;  $W_0$  — полное сопротивление движению:

$$W_0 = P(\omega_0 \pm i_k) + Q_{бр}(\omega_0 \pm i_k).$$

Следовательно, уравнение равномерного движения поезда примет вид

$$F_k = P(\omega_0 \pm i_k) + Q_{бр}(\omega_0 \pm i_k).$$

Откуда можно определить вес состава на руководящем подъеме

$$Q_{бр} = \frac{F_k - P(\omega_0' + i_{рук})}{\omega_0'' + i_{рук}} \text{ кН},$$

где  $i$  — руководящий подъем.

Из уравнения можно найти и уклон, который может быть преодолен с заданной скоростью, наибольшей силой тяги и определенным весом:

$$i_k = \frac{F_k - P\omega_0' - Q_{бр}\omega_0''}{P + Q_{бр}}. \quad (7.2)$$

Подставив в уравнение (7.2) вместо  $Q_{бр}$  вес порожнего состава  $Q_{пор}$ , можно определить уравновешенный уклон.

Число вагонов в составе

$$N_B = \frac{Q_{бр}}{q_1 + q_2} \text{ шт.},$$

где  $Q_{бр}$  — вес брутто состава, кН;  $q_1$  — вес вагона, кН;  $q_2$  — грузоподъемность вагона, кН.

Объем древесины, перевозимой поездом,

$$Q_H = \frac{Q_{бр} - N_B q_1}{\Delta} \text{ м}^3,$$

где  $\Delta$  — объемный вес древесины, кН/м<sup>3</sup>.

Для автомобильного поезда уравнение движения имеет вид

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{1 + \gamma} \left( \frac{F_k - W_B}{Q_{бр} + P} - \frac{W_0 \pm W_i}{Q_{бр} + P} \right) \text{ м/с}^2;$$

или при  $D_0 = \frac{F_k - W_B}{Q_{\text{бр}} + P}$  и  $\frac{W_0 \pm W_t}{P + Q_{\text{бр}}} = f_0 \pm i$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{1 + \gamma} (D_0 - f_0 \pm i).$$

При условии  $\frac{dv}{dt} = 0$  и  $D_0 = f_0 \pm i$  и при  $i = i_{\text{рук}}$

$$Q_{\text{бр}} = \frac{F_k - W_B}{f_0 \pm i_{\text{рук}}} - P,$$

где  $Q_{\text{бр}} + P$  — вес автопоезда, кН;  $W_B$  — сопротивление воздуха при движении автомобиля, кН;  $P$  — вес автомобиля, кН.

Полезная нагрузка на лесовозный автопоезд определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{бр}} - P_{\text{п}}}{\Delta} \text{ м}^3,$$

где  $P_{\text{п}}$  — вес прицепа или полуприцепа, кН.

**Методы определения скоростей движения и времени хода.** При организации лесотранспортных работ, расчете количества тягового и прицепного составов пользуются средними расчетными скоростями. Более точный результат можно получить, когда скорости и время движения определяются с учетом профиля дороги, характеристики автомобиля, состояния проезжей части и рейсовой нагрузки.

Скорости движения и время хода определяются методами, основанными на графическом интегрировании уравнения движения поезда; на предположении, что скорость движения поезда на каждом элементе продольного профиля постоянна, а при переходе его с одного элемента на другой она изменяется мгновенно.

Для определения скоростей движения лесовозных автомобилей чаще применяются упрощенные методы. Рассмотрим основные из них.

1. Графоаналитический метод, или метод равновесных скоростей, состоит в том, что на каждом элементе продольного профиля движение автомобильного поезда принимается равномерным с максимальной скоростью, определяемой из условия равновесия между тяговой силой и силами сопротивления.

Для определения скорости движения по этому методу необходимо вычислить потребное тяговое усилие на данном элементе.

$$F_k = (P_a + q_a)(w'_0 \pm i) + n(P_{\text{п}} + g_n)(w''_0 \pm i) \text{ кН.}$$

Отложив его по оси ординат тяговой характеристики (рис. 7.10) и проведя горизонталь до пересечения с кривой  $F=f(N)$ , определим искомую скорость. Имея скорость движения и длину элемента, легко вычислить время хода.

Расчет равномерных скоростей движения и времени хода лесовозных автомобилей по этому методу можно произвести также в следующем порядке.

В правом верхнем квадрате (I четверть) прямоугольных координат вычерчивается динамическая характеристика  $D=f(v)$ . Динамический фактор в этом случае определяется по формуле

$$D = \frac{F_k - W_b}{P_a + nP_n + Q_n}$$

Слева от начала координат (II четверть) по оси абсцисс в произвольном масштабе откладываются участки пути с различными уклонами, а по оси ординат — значение  $\Psi=f_0 \pm i$  в масштабе дина-

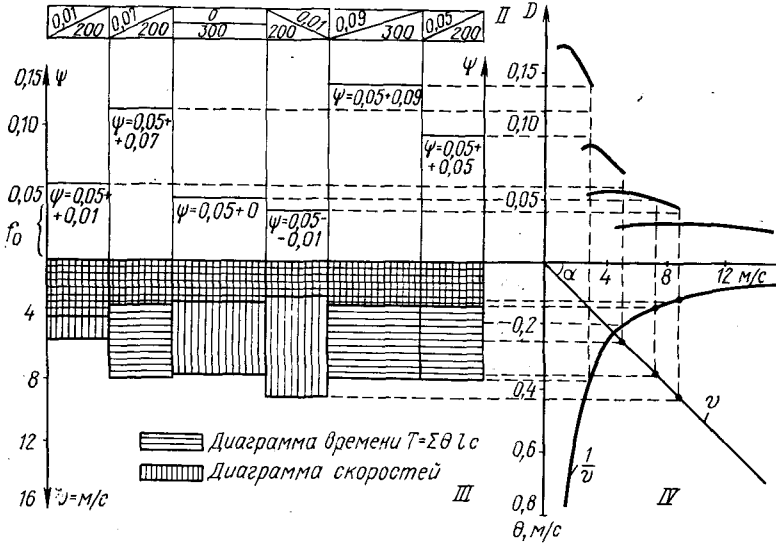


Рис. 7.10. Определение скоростей движения и времени хода методом равновесных скоростей

мического фактора. В итоге получается продольный профиль дороги (дорожное сопротивление).

В IV четверти строится кривая  $Q=1/v$  и под углом проводится вспомогательная прямая, необходимая для графического построения эпюры скоростей.

Затем для каждого участка профиля через точку с ординатой  $\Psi$  проводится горизонтальная линия до пересечения с кривой  $D=f(v)$ . Абсцисса точки пересечения будет соответствовать равновесной скорости на данном участке. Проектируя эту скорость на прямую  $v$  и проводя через точку пересечения горизонтальную линию, в III четверти под рассматриваемым участком профиля получим диаграмму скорости.

Проектируя ее на кривую  $\Theta=f(1/v)$  и далее в III четверть, можно построить диаграмму времени, площадь которой соответствует моменту времени хода.

Ординаты диаграммы скоростей соответствуют скорости движения на различных участках продольного профиля.

II. При графическом методе расчет скоростей движения и времени хода производится по номограмме (рис. 7.11). В I четверти номограммы изображается тяговая характеристика автомобиля, во II — зависимость тягового усилия  $F$ , идущего на преодоление сопротивления дороги, от общего веса поезда  $Q_{бр}$  и коэффициента

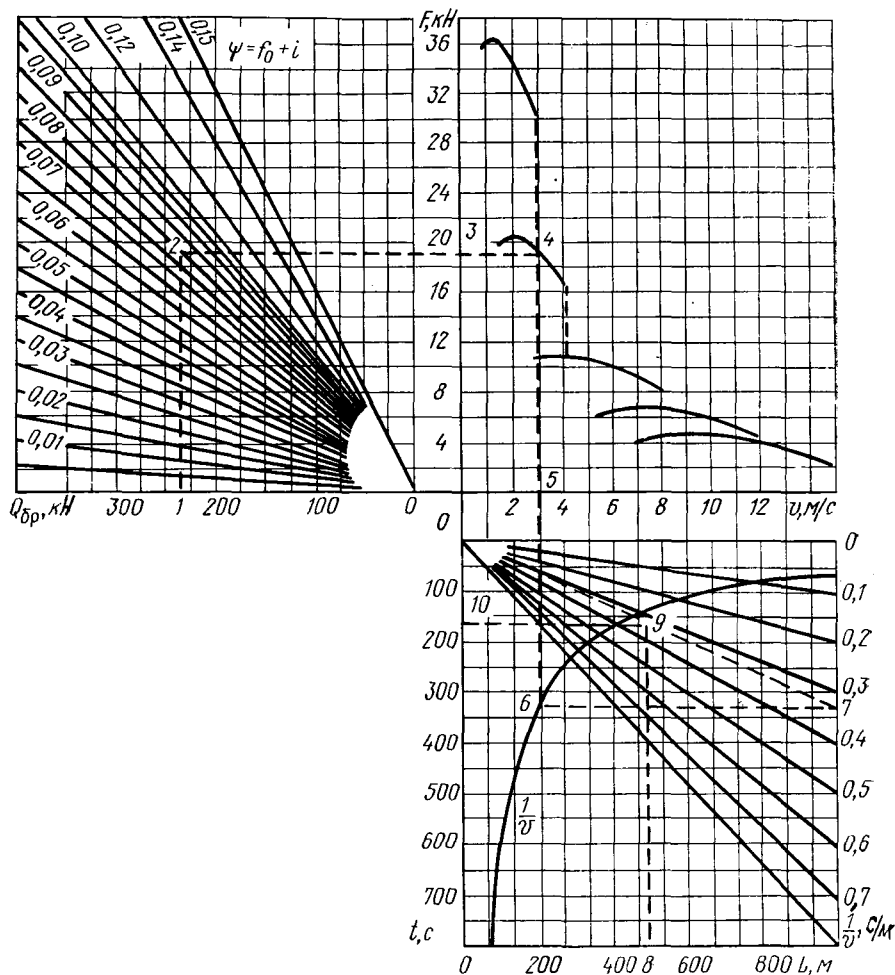


Рис. 7.11. Номограмма для графического определения скоростей движения и времени хода

сопротивления движению  $\Psi$ , в IV — в зависимости от скорости движения автомобиля приведено время, затрачиваемое на 1 м пути (ось ординат справа), и время, затрачиваемое на движение по участку  $L$  (ось ординат слева). Последовательность пользования номограммой обозначена от 1 до 10.

III. Согласно графическому методу проф. Г. В. Зимелева, в I четверти прямоугольных координат (рис. 7.12) вычерчивается харак-

теристика принятого автомобиля  $D=f(vQ_{6p})$ , во II четверти — условный продольный профиль дороги (по оси абсцисс — длина пути в масштабе  $K$ , по оси ординат — коэффициенты суммарного сопротивления  $\Psi$ ), в IV четверти — вспомогательные прямые  $1/v$  и в III четверти — кривая времени движения.

Построение вспомогательных прямых производится в следующем порядке. По оси абсцисс откладывается отрезок  $OA=P$  мм, а

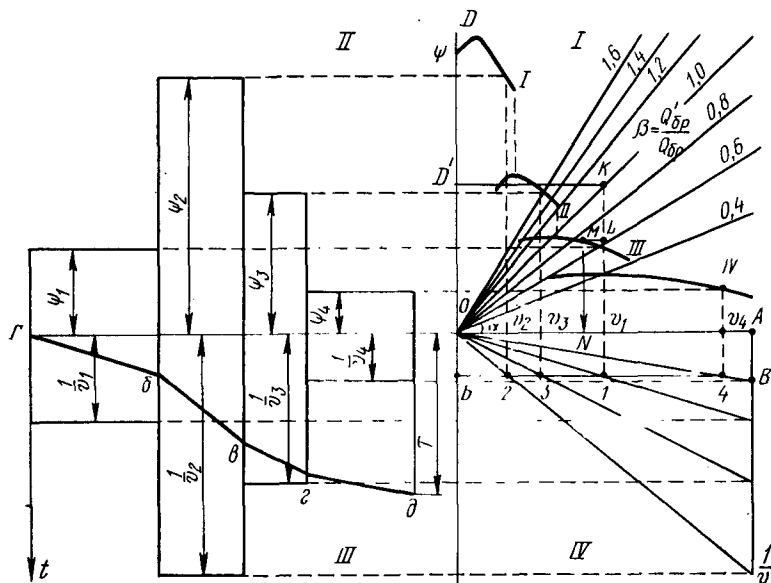


Рис. 7.12. График определения скоростей движения и времени хода

по оси ординат — отрезок  $OB=q$  мм. Через точки  $A$  и  $B$  проводим линии, параллельные осям. На горизонтальную линию  $BB$  можно проектировать скорости  $v$ .

Если из начала координат через точки  $1, 2, 3$  и так далее провести прямые линии, то на вертикальной линии, проведенной через точку  $A$ , получим отношения  $1/v$ . Найденные величины можно отложить на соответствующих участках (III четверть) и получить прямоугольники. Площадь каждого из них будет соответствовать времени движения на участках, а сумма этих площадей — времени движения по дороге.

Для построения кривой времени через точку  $\Gamma$  необходимо провести прямую  $Gb$ , параллельную лучу  $O1$ , из точки  $b$  — прямую  $ba$ , параллельную лучу  $O2$ , и т. д.

Выполняя графическое построение по методу проф. Г. В. Зимелева, необходимо учитывать масштабы пути, скорости и другие величины, а также зависимость между этими масштабами.

Так, если принять путь в  $1$  м —  $K$  мм, скорость в  $1$  м/с —  $a$  мм, динамический фактор  $0,1$  —  $d$  мм, отрезок  $OA=P$  мм, отрезок  $OB=$

$=q$  мм, то масштаб времени движения ( $1 \text{ с} = m$  мм) определится из выражения

$$m = \frac{K}{a},$$

а масштаб затрат времени на преодоление пути в метрах (величина  $1/v$ ) будет равен

$$n = \frac{qP}{a}.$$

Коэффициенты суммарного сопротивления  $\Psi$  при графическом построении необходимо откладывать в масштабе динамического фактора  $d$ .

В I четверти (рис. 7.12), кроме динамической характеристики, имеется расходящийся пучок прямых. Проведены эти прямые в соответствии с выражением

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Q'_{бр}}{Q_{бр}} = \beta, \quad (7.3)$$

где  $Q'_{бр}$  — фактический вес автомобиля (поезда), для которого необходимо вычислить скорости и время движения;  $Q_{бр}$  — вес автомобиля (поезда), принятый при вычислении динамического фактора  $D$ .

Прямыми, проведенными на рисунке, необходимо пользоваться для учета веса поезда. Пусть вес автомобильного поезда при вычислении динамического фактора  $D$  был принят равным  $Q_{бр}$ . В заданных конкретных условиях его величина составила  $Q'_{бр}$ . Для определения динамического фактора и скорости в этих условиях достаточно вычислить отношение (7.3) ( $\beta = 0,6$ ), отложить на оси ординат коэффициент суммарного сопротивления дороги (точка  $D'$ ) и провести горизонталь до пересечения с лучом  $\beta = 1,0$  и вертикаль до линии  $\beta = 0,6$ .

Ордината точки  $L$  представляет собой динамический фактор при  $Q_{бр}$ , зная который можно определить скорость (точки  $N$ ) и найти все рассмотренные выше величины.

При расчете скорости движения и времени хода на элементах продольного профиля (спусках) с уклонами  $i \geq i_0$  могут быть два случая.

1. Крутизна спуска не превышает максимально допустимой его величины исходя из условий торможения

$$i \leq i_{\max}, \quad (7.4)$$

причем

$$i_{\max} \leq \omega_0 + b_k - \frac{v_{\text{нач}}^2}{2g(S_{\text{вид}} - v_n t_0)},$$

где  $\omega_0$  — коэффициент основного сопротивления движению;  $v_{\text{нач}}$  — скорость движения в начале торможения, м/с;  $S_{\text{вид}}$  — расстояние видимости, м;  $t_0$  — время реакции водителя, с;  $t_0 = 0,8 \dots 1,0$ . Коэф-



коэффициент сцепного веса  $\mu = \frac{P_{\text{сц}}}{Q + P}$  и тогда  $b_k = \mu\phi$ , где  $P_{\text{сц}}$  — сцепной вес автомобиля, кН;  $\phi$  — коэффициент сцепления.

2. Крутизна спуска большая, и имеет место неравенство  $i > i_{\text{max}}$ .

В первом случае скорость движения может быть принята равной расчетной, допускаемой по техническим условиям, во втором — величину скорости в зависимости от уклона можно определить по формуле

$$v = gt_0(f_0 + b_k - i) \left( \sqrt{1 + \frac{2S_{\tau}}{gt_0(f_0 + b_k - i)}} - 1 \right) \text{ м/с.} \quad (7.5)$$

Однако и она не должна превышать расчетной величины.

Время хода для каждого элемента продольного профиля, требующего торможения, определяется по формуле

$$t = \frac{l}{v_c} \text{ с,}$$

где  $l$  — длина элемента профиля, м;  $v_c$  — допускаемая скорость на спуске, м/с.

IV. Для определения времени пробега автомобилей может быть использована формула

$$t = \alpha L + \beta H_{\text{п}} - \gamma H'_{\text{с}} - \delta H''_{\text{с}} \pm \xi H'''_{\text{с}}, \quad (7.6)$$

где  $L$  — расстояние между двумя пунктами, м;  $H_{\text{п}}$  — сумма подъемов, преодолеваемых в данном направлении на расстоянии  $L$ , м;  $H'_{\text{с}}$ ,  $H''_{\text{с}}$ ,  $H'''_{\text{с}}$  — сумма спусков, желательных, безвредных, требующих торможения, м;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\xi$  — коэффициенты:

$$\alpha = t_0; \quad \beta = \frac{t_{\text{рук}} - t_0}{i_{\text{рук}}}; \quad \gamma = \frac{t_0 - t_{\text{д}}}{i_{\text{п.о}}}; \quad \delta = t_{\text{д}}; \quad \xi = \frac{t_{\text{с}} - t_{\text{д}}}{i_{\text{max}} - i_0}.$$

К желательным относятся спуски, влияние которых может быть использовано для повышения скорости движения. Предельное значение их устанавливается по тяговой силе динамической характеристики автомобиля. Безвредные — это такие спуски, которые могут быть преодолены без уменьшения скорости (без торможения). Влияние их определяется неравенством (7.4). Спуски больше безвредного требуют торможения и преодолеваются на пониженных скоростях, вычисляемых по формуле (7.5).

Для определения коэффициентов, входящих в формулу (7.6), необходимо построить график (рис. 7.13). По оси абсцисс откладываются уклоны в пределах от  $-i_{\text{max}}$  до  $+i_{\text{рук}}$ , а по оси ординат — время, затрачиваемое на преодоление пути в 1 м. Чтобы определить это время, необходимо знать характерные скорости  $v_{\text{рук}}$  на руководящем подъеме,  $v_0$  — на горизонтальном участке пути (устанавливаются по тяговой характеристике),  $v_{\text{д}}$  — расчетную, допускаемую по ТУ или тяговой характеристике и допускаемую на спуске  $v_{\text{с}}$ , рассчитываемую по формуле (7.5). В формуле (7.6) знак плюс принимается при  $t_{\text{с}} > t_0$  и знак минус — при  $t_{\text{с}} \leq t_0$ .

После определения времени движения автомобиля по элементам профиля и вычислению времени хода в грузовом  $t_{гр}$  и порожняковом  $t_{пор}$  направлениях можно перейти к вычислению других показателей работы автомобильного лесотранспорта.

Время рейса

$$t_p = t_{гр} + t_{пор} + t_{п.п} + t_{п.р} \text{ с,}$$

где  $t_{п.п}$  — простой автомобиля под погрузкой;  $t_{п.р}$  — простой автомобиля под разгрузкой.

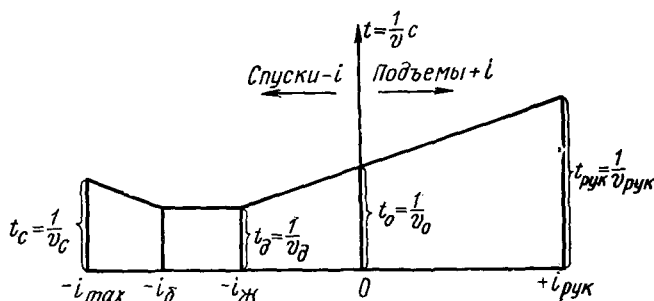


Рис. 7.13. График для расчета времени хода автомобиля

Средняя скорость движения в грузовом направлении

$$v_{гр} = \frac{L}{t_{гр}} \text{ м/с,}$$

где  $L$  — расстояние вывозки, м.

Средняя скорость в порожняковом направлении

$$v_{пор} = \frac{L}{t_{пор}} \text{ м/с.}$$

Средняя техническая скорость движения автомобиля на вывозке леса

$$v_{ср.техн} = \frac{2v_{гр} v_{пор}}{v_{гр} + v_{пор}} \text{ м/с.}$$

Средняя эксплуатационная (коммерческая) скорость

$$v_{ср.эксп} = \frac{2L}{t_p}.$$

Полученные скорости движения и время хода по отдельным участкам дороги используются для определения производительности автомобилей по вывозке леса, организации лесотранспортных работ, при решении других эксплуатационных задач.

## 7.9. Организация лесотранспортных работ. Графики движения автомобилей

Организация движения транспорта — это совокупность мероприятий, активно воздействующих на формирование и направление транспортных потоков для обеспечения скорости и безопасности

движения. Руководство движением лесовозных автомобилей осуществляется диспетчерской службой в соответствии с Правилами технической эксплуатации автомобильных лесовозных дорог и Инструкцией по движению на дорогах. Диспетчер должен следить за движением автомобилей, вести диспетчерский журнал учета выполнения суточных заданий по вывозке леса, оформлять путевые листы, отмечать в журнале задержки при вывозке леса, принимать меры к их устранению, к восстановлению нарушенного графика движения.

Для нормальной эксплуатации лесовозная дорога должна иметь хорошо развитую транспортную сеть дорог в лесном массиве, достаточное количество погрузочно-разгрузочных путей, полный комплект тягового и прицепного составов, парк дорожных машин и механизмов, технические и вспомогательные устройства и сооружения, четко действующую связь и сигнализацию, текущие запасы эксплуатационных материалов и т. д.

Организация вывозки леса должна быть четко увязана с лесосечными работами и разгрузкой леса на нижних складах и пунктах потребления.

Для ритмичной работы предприятия необходимо, чтобы к погрузочным пунктам лесовозной дороги ежедневно доставлялось трелевочными механизмами достаточное количество древесины — не меньше суточного грузооборота дороги. Количество действующих погрузочных установок, или погрузчиков, можно определить по формуле

$$m = \frac{Q_c}{Z_{см} P_{см}},$$

где  $Q_c$  — суточный объем перевозок;  $Z_{см}$  — число смен работы погрузочной машины;  $P_{см}$  — сменная производительность погрузочной машины или механизма,  $m^3$ .

Погрузочно-разгрузочные работы на лесовозном транспорте влияют на производительность тяговых машин на вывозке леса. Поэтому целесообразно применять способ вывозки леса с использованием двух или трех комплектов прицепного состава с таким расчетом, чтобы один комплект находился под погрузкой, другой — в пути, а третий — под разгрузкой.

Если затрата времени на разгрузке невелика, то смену тягача не производят. Количество комплектов прицепного состава в данном случае должно быть два (один в пути, другой под погрузкой).

Продолжительность простоев автопоезда под погрузкой и разгрузкой, по данным фотохронометражных наблюдений на предприятиях Урала, показана в табл. 7.10.

Увязка перевозок по дороге с погрузочно-разгрузочными работами производится по графику движения, который составляется на квартал, месяц, декаду, сутки или на число часов, если дорога работает не круглосуточно. При составлении такого графика должны быть предусмотрены: своевременная подача автомобилей и прицепного состава под погрузку на верхних складах и площад-

Табл. 7. 10. Простой автопоездов при погрузке и разгрузке, мин

Схема поезда (числитель) и полезная нагрузка (знаменатель), м <sup>3</sup>	На верхнем погрузочном пункте			На нижнем складе		
	челюстной погрузчик	крупно- пакетная установка	бревно- свал ЦНИИМЭ	004-10	КК-20	К-305
$\frac{\text{ЗИЛ-157К} + 2\text{Р-8}}{14,3}$	19,2	20,3	12,6	8,0	5,3	4,7
$\frac{\text{МАЗ-501} + 2\text{Р-15}}{20,5}$	20,6	20,3	12,6	8,0	5,3	4,8

ках; равномерное поступление груженых автопоездов на нижние склады и пункты потребления; быстрая перевозка рабочих, дорожно-строительных и хозяйственных материалов и грузов; безопасное движение автомобилей и автопоездов; наиболее целесообразное использование тягового и прицепного составов. График движения утверждается руководителем предприятия и вывешивается в гараже и диспетчерской на видном месте.

Необходимое число автомобилей для вывозки леса с мастерского участка в сутки определяется из выражения

$$n = \frac{Q_c}{Q_a},$$

где  $Q_c$  — суточное задание мастерского участка, м<sup>3</sup>;  $Q_a$  — суточная производительность автомобиля, м<sup>3</sup>.

Исходными данными при составлении графика движения лесовозных автомобилей являются: количество одновременно действующих погрузочных пунктов, их местонахождение и суточные объемы погрузки на каждом из них; ежедневное количество рейсов на погрузочные пункты, необходимое для выполнения заданного объема лесовывозки; время движения в грузовом и порожнем направлениях; время простоев автомобилей на погрузочных и разгрузочных пунктах; режим работы предприятия, отдельных его участков и цехов.

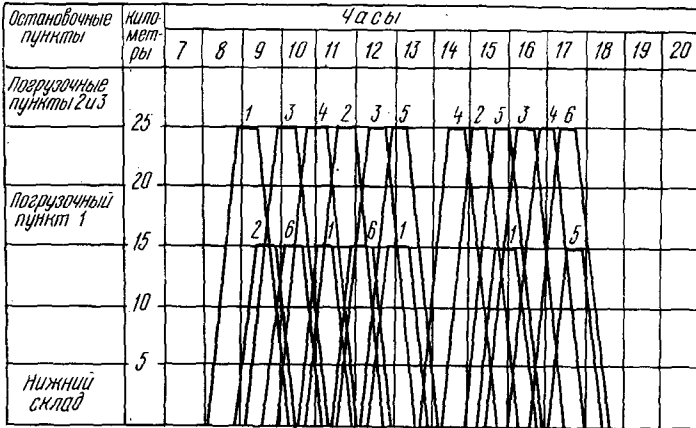
График движения выполняется на специальной сетке в ортогональных координатах времени (горизонтальная ось) и пути (вертикальная ось). По оси абсцисс в масштабе откладывается время в часах (24), по оси ординат — путь в километрах с учетом фактического расстояния вывозки.

На графике движения (рис. 7.14) каждая горизонтальная линия соответствует положению остановочного пункта. Координаты движения автомобиля (время, путь) изменяются одновременно, поэтому движение изображается наклонными линиями. Тангенс угла наклона каждой из этих линий по отношению к горизонтальной оси в принятом масштабе представляет собой отношение пути ко времени его прохождения, или среднюю скорость движения поезда на рассматриваемом участке дороги:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{t} = v.$$

На графике положение автомобиля в каждый момент времени определяется одной точкой. Простой автомобиля на погрузочных

а



б

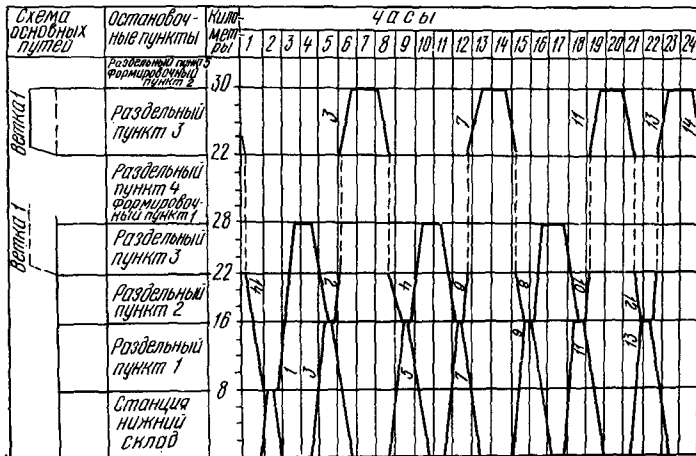


Рис. 7.14. График движения поездов:

а — по двухпутной дороге; б — по однопутной дороге с разъездами; цифры у наклонных линий означают номера поездов

пунктах и нижнем складе изображаются в виде отрезка горизонтальной прямой определенной длины (в масштабе времени).

Время пребывания лесовозных автомобилей на пунктах погрузки и разгрузки зависит от применяемых машин и механизмов и их производительности.

## 7.10. Техничко-экономические показатели работы автомобильного лесотранспорта

Единицы, применяемые для оценки, сравнения и характеристики работы лесотранспорта, называются *измерителями*. К ним относятся: объем перевозок, годовой грузооборот, средневзвешенное расстояние вывозки, производственная мощность дороги, грузоподъемность автомобилей, расчетные скорости движения, коэффициенты технической готовности, коэффициенты использования автомобилей по времени и грузоподъемности, выработка на списочный автомобиль и др.

Объем перевозок  $Q$ , назначаемый лесозаготовительному предприятию, измеряется в тоннах или кубических метрах, определяется в год, квартал, месяц, сутки.

Грузооборот дороги  $R$  — произведение веса вывозимой древесины на расстояние вывозки, определяется по формуле

$$R = q_1 l_1 + q_2 l_2 + \dots + q_n l_n \text{ т} \cdot \text{км},$$

где  $q_1, q_2, \dots, q_n$  — вес древесины, перевозимой с погрузочного пункта, т;  $l_1, l_2, \dots, l_n$  — расстояние вывозки, км.

Средневзвешенное расстояние вывозки  $l_{\text{ср}}$ , необходимое для определения производительности транспортных средств, потребности в тяговом, прицепном составах и установления производственной мощности дороги, определяется по формуле

$$l_{\text{ср}} = \frac{R}{Q} \text{ км.}$$

Производственная мощность дороги  $\Pi$  характеризуется максимальным объемом древесины, которая может быть вывезена по дороге при полном использовании транспортных средств в течение года:

$$\Pi = (N_1 - N_2) P_{\Gamma} \text{ т},$$

где  $N_1$  — списочное количество лесовозных автомобилей, шт.;  $N_2$  — количество автомобилей, находящихся в резерве и на капитальном ремонте, шт.;  $P_{\Gamma}$  — годовая производительность автомобиля, т.

*Производительностью машины* называется количество продукции, выпускаемой в единицу времени. Для оценки работы тягового состава обычно пользуются производительностью в смену  $\Pi_{\text{см}}$ , определяемой по формуле

$$\Pi_{\text{см}} = n Q_{\Pi} \text{ м}^3/\text{смену}, \quad (7.7)$$

где  $n$  — количество рейсов в смену;  $Q_{\Pi}$  — полезная нагрузка на поезд, м<sup>3</sup>.

Количество рейсов в смену

$$n = \frac{(T_{\text{см}} - t_{\text{п.з}}) k_{\text{в}}}{\frac{120 l_{\text{ср}}}{v_{\text{ср}}} + \Sigma t}$$

$T_{см}$  — полная продолжительность смены, мин;  $t_{п..з}$  — подготовительно-заключительное время на смену, мин;  $k_B$  — коэффициент, учитывающий использование рабочего времени: отношение среднего фактически отработанного времени на линии  $T_{ср}$  к расчетной продолжительности работы машины за смену  $T_p$ :

$$k_B = \frac{T_{ср}}{T_p} \approx 0,9;$$

$\frac{120l_{ср}}{v_{ср}} + \sum t$  — продолжительность одного оборота (рейса) тяговой машины, мин;  $\frac{120l_{ср}}{v_{ср}}$  — время пробега в грузовом и порожнем направлениях в течение рейса, мин;  $l_{ср}$  — средневзвешенное расстояние вывозки древесины, км;  $v_{ср}$  — средняя техническая скорость движения поезда, км/ч;  $\sum t$  — общее время простоев тяговой машины в течение рейса, мин.

При вывозке древесины автопоездами

$$\sum t = t' + t_{п}Q_{п} + t'' + t_p + t_c,$$

где  $t'$  и  $t''$  — время на установку автопоезда соответственно под погрузку и разгрузку;  $t_{п}$  — время на погрузку 1 м<sup>3</sup> древесины;  $t_p$  — время на разгрузку автопоезда;  $t_c$  — время на скрещивание автопоездов на разъездах дорог, ширина которых обеспечивает возможность движения поездов лишь в каком-либо одном направлении;  $t_c = 3...5$  мин.

Подставив значение  $n$  в формулу (7.7), будем иметь

$$P_{см} = \frac{(T_{см} - t_{п..з}) k_B Q_{п}}{\frac{120l_{ср}}{v_{ср}} + \sum t}$$

м<sup>3</sup>/смену. (7.8)

Анализируя формулу (7.8), можно сказать, что производительность тяговой машины тем больше, чем больше полезная нагрузка на рейс, выше средняя техническая скорость движения и меньше простои  $\sum t$ .

Зависимость сменной производительности лесовозных автопоездов от указанных параметров показана на рис. 7.15.

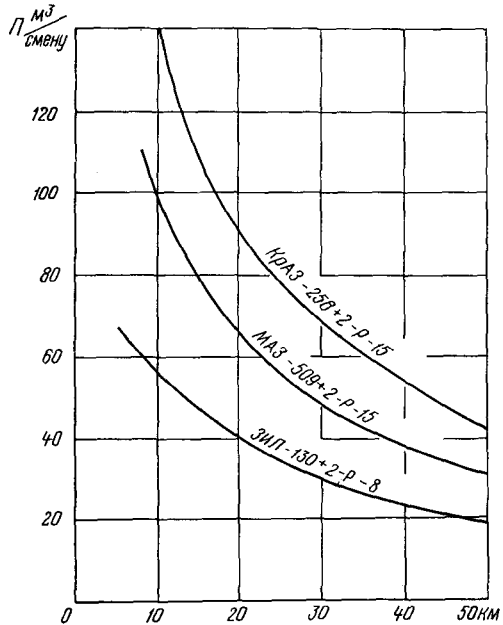


Рис. 7.15. Зависимость сменной производительности лесовозных автомобилей основных типов от расстояния вывозки

## 7.11. Погрузочно-разгрузочные работы

Погрузка древесины на подвижной состав является составной частью вывозки леса. Выбор способа погрузки зависит от местных условий и технологии производства лесосечных работ. Применяемые способы механизированной погрузки древесины на подвижной состав разделяются на несколько групп.

К первой группе относятся способы погрузки трелевочными тракторами и лебедками. При этом создаются специальные установки (стреловые, мачтовые, эстакадные, накатные, траншейные) и трособлочные системы. Необходимое тяговое условие создается трелевочными тракторами или лебедками. Погрузка хлыстов или деревьев производится, как правило, крупными пакетами.

Ко второй группе относятся способы, при которых погрузка осуществляется специальными машинами — челюстными погрузчиками, автомобильными и тракторными кранами. Этими машинами можно производить погрузку и хлыстов, и сортиментов. Наибольшее распространение получили челюстные погрузчики, применение которых создало условия для перехода на новую технологию лесосечных работ с отделением погрузки от трелевки. Основным преимуществом челюстных погрузчиков является высокая технологичность — забор и укладка груза без разворота самого погрузчика. В табл. 7.10 приведена краткая характеристика челюстных погрузчиков.

Табл. 7. 10. Краткая характеристика челюстных погрузчиков

Наименование показателей	Марка погрузчика		
	П-3А	П-19А	ПД-1А
Базовый трактор	Т-100МГП	ТДТ-75	ТДТ-55
Грузоподъемность, кН	343	294	245
Наибольшая высота подъема груза при его переносе через коники лесовозного транспорта, м	3,8	3,8	2,8
Средняя скорость подъема груза, м/с	0,4	0,4	0,5
Ширина захвата, м	2,15	2,15	2,15
Привод рабочих органов	Гидравлический		
Тип гидронасосов	Шестеренчатые		
Количество гидронасосов, шт.	2	2	1
Рабочее давление и гидросистема, кН/м <sup>2</sup>	9800		
Емкость гидросистемы, м <sup>3</sup>	0,17	0,17	0,08
Производительность, пл. м <sup>3</sup> /смену	До 300	До 220	
Обслуживающий штат, чел.	1	1	1
Вес погрузчика в заправленном состоянии, Н	179 400	165 800	111 700

К третьей группе относятся способы погрузки, основанные на использовании погрузочных устройств, которые смонтированы на транспортных машинах. В настоящее время применяются навесные устройства двух типов: канатные и гидроманипуляторные.

Лесовозные автопоезда разгружают на нижних складах лесовозных дорог. Для этого используют преимущественно бревносвалы,



разгрузочные стрелы, лебедки, тракторы, кабельные краны и др. При вывозке леса потребителям, где склады не оборудованы разгрузочными устройствами, разгрузку производят кранами общего назначения.

Выбор способа погрузочно-разгрузочных работ решается с учетом природных, технологических и организационных факторов. При этом основным критерием экономического сравнения являются приведенные затраты

$$P_i = C_1 + E_n K_i,$$

где  $C_1$  — себестоимость работ;  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;  $K_i$  — удельные капитальные вложения.

Для определения себестоимости работ используется формула

$$C_1 = \frac{M_i + Z_i}{P_{см_i}} + \frac{P_i}{D_i},$$

где  $Z_i$  — расходы на заработную плату, руб/смену;  $P_i$  — затраты на перебазирование и установку машины, руб.;  $D_i$  — объем погрузки за рассматриваемый период, м<sup>3</sup>.

Эксплуатационные затраты

$$M_i = \frac{AB}{mT_r 100} + Л + Ф + Г + О,$$

где  $A$  — балансовая стоимость машины, руб.;  $B$  — амортизационные отчисления, %;  $m$  — число рабочих смен в сутки;  $T_r$  — число рабочих дней в году;  $Л$  — затраты на электроэнергию, расходуемую в смену, руб.;  $Ф$  — стоимость топлива и смазки за смену, руб.;  $Г$  — стоимость текущих ремонтов в смену, руб.;  $О$  — стоимость вспомогательных материалов, расходуемых за смену, руб.

Удельные капиталовложения

$$K_i = \frac{K_{M_i}}{D_i},$$

где  $K_{M_i}$  — капиталовложения по сравниваемому варианту, руб.

Сменная производительность погрузочной (разгрузочной) машины

$$P_{см} = \frac{(T - t_{п.з}) k_{г.п} k_v Q_{г.н}}{t_{ц} \Delta},$$

где  $T$  — продолжительность смены, с;  $t_{ц}$  — средняя продолжительность рабочего цикла, с;  $K_{г.п}$  — коэффициент использования грузоподъемности;  $k_v$  — коэффициент использования рабочего времени;  $Q_{г.н}$  — номинальная грузоподъемность машины, кН;  $\Delta$  — объемный вес древесины, кН/м<sup>3</sup>.

Когда погрузочно-разгрузочные работы органически связаны со смежными фазами производства, для выбора наиболее выгодного варианта следует определить приведенные затраты на весь комплекс работ. Наиболее экономичен тот вариант, для которого приведенные затраты имеют минимальное значение.

## Глава 8. ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

---

### 8.1. Общие сведения и техническая характеристика локомотивов

На лесовозных дорогах колеи 750 мм эксплуатируются тепловозы и мотовозы различных типов и конструкций.

Тепловозы ТУ2 и ТУ3 мощностью 220 и 258 кВт предназначены для перевозки грузов по магистральным путям, имеют большой сцепной вес. Передача электрическая постоянного тока.

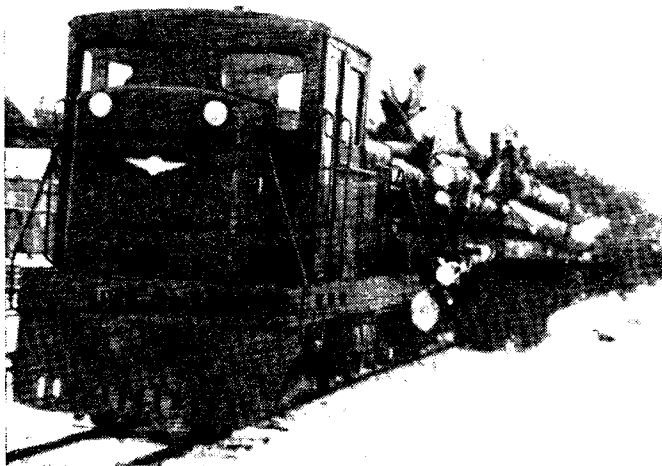


Рис. 8.1. Тепловоз ТУ4

Тепловозы кузовного типа с двумя кабинами машиниста. Осевая формула  $2_0 - 2_0$  (четыре ведущие оси, две тележки).

Тепловоз ТУ2МК применяется для перевозки грузов по магистральным и временным путям на хорошем основании. Имеет карданный привод колесных пар, мощность 184 кВт.

Тепловоз ТУ4 (рис. 8.1) предназначен для грузовых и пассажирских перевозок по магистральным путям, а также для маневровых работ. Наиболее распространен в лесной промышленности. Тепловоз имеет две двухосные тележки с мягким рессорным подвешиванием. Мощность его 200 кВт. На нем установлен дизель У1Д6-250 ТКСЗ с газотурбинным наддувом воздуха. Передача —

гидромеханическая двухступенчатая, с приводом к осевым редукторам через карданный вал.

Тепловоз ТУ5 мощностью 294 кВт используется для грузовых перевозок по магистральным путям лесовозных дорог. Создан на базе экипажной части тепловоза ТУ4. К конструктивным особенностям относятся: установка многоциркуляционной передачи Муромского завода и использование двух компрессоров, работающих параллельно на одну напорную магистраль к главным резервуарам.



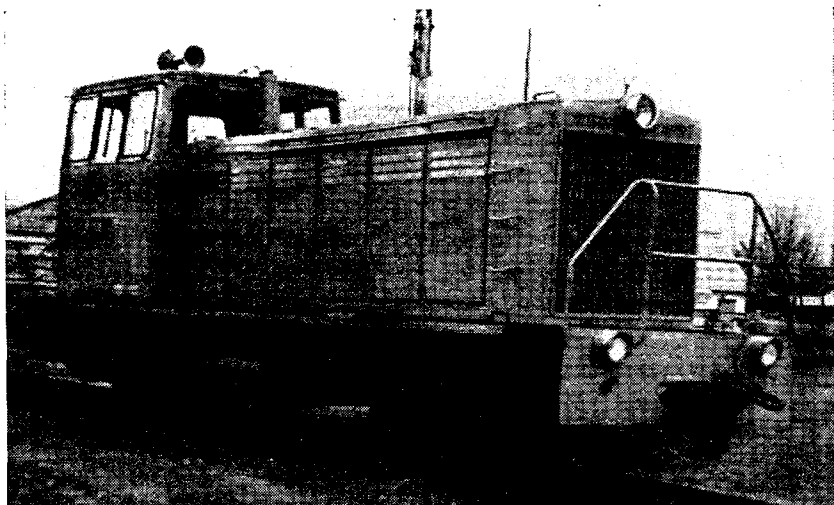
Рис. 8.2. Тепловоз ТУ6А

Тепловоз ТУ6 выполняет маневровые работы на временных путях. В его конструкции много узлов и деталей, унифицированных с тепловозами ТУ4 и ТУ5. Мощность тепловоза 66 кВт. Передача механическая.

Тепловоз ТУ6А предназначен для выполнения маневровых работ на временных путях. Мощность его 94 кВт. Создан на базе тепловоза ТУ6. Основное отличие от ТУ6 заключается в установке двигателя типа ЯАЗ-М204А, увеличении веса до 127 кН (рис. 8.2).

Тепловоз ТУ7 выпускается двух модификаций со сцепным весом 235 и 191 кН и предназначен для грузовых и пассажирских перевозок, а также маневровых работ. Конструкция тепловоза и его охлаждающие устройства обеспечивают нормальную работу всех агрегатов и механизмов при температуре от  $-40^{\circ}$  до  $+40^{\circ}$  С. На тепловозе установлен быстроходный двенадцатицилиндровый четы-

рехтактный дизель жидкостного охлаждения с V-образным расположением цилиндров и непосредственным впрыском дизельного топлива. Кузов тепловоза капотный, закрытого типа. Кабина машиниста шумоизолирована с двумя пультами управления. При нормальном числе оборотов коленчатого вала (1600 об/мин) двигатель развивает мощность 294 кВт. Тепловоз выпускают взамен ТУ4 и ТУ5 (рис. 8.3).



*Рис. 8.3. Тепловоз ТУ7*

Мотовозы МД 54-4 и ДМ 54 выполняют маневровые работы на временных путях (усах) и используются для различных хозяйственных работ. Две двухосные тележки с мягким рессорным подвешиванием обеспечивают плавную вписываемость в кривые. Мотовозы оборудованы ручными и пневматическими тормозами.

Автомотриса АМ-1 предназначена для перевозки пассажиров. Оборудована дизельным двигателем ЯАЗ-М204А мощностью 94 кВт. К автотрисе можно прицеплять два-три пассажирских вагона.

Основные технические характеристики тепловозов и мотовозов колеи 750 мм приведены в табл. 8.1.

Локомотивный парк лесовозного промышленного транспорта широкой колеи состоит преимущественно из тепловозов. Для грузовых перевозок используются ТЭП10, 2ТЭ10Л, ТЭП60, 2ТЭП60 с электрической и ТГ106, ТП50 и другие с гидравлической передачами, для маневровых работ — ТГМ1, ТГМ6, ТЭМ1, ТЭМ2 и др. На лесовозных дорогах эти тепловозы могут применяться и на линейных работах.

Табл. 8.1. Техническая характеристика тепловозов и моторовозов колес 750 мм

Показатели	ТУ2	ТУ3	ТУ4	ТУ5	ТУ6	ТУ6А	ТУ7	МД54-4	ТУ2МК
Мощность, кВт	220	258	200	294	66	94	220 и 294	40	184
Род передачи	Электрическая	Электрическая	Гидромеханическая	Гидравлическая	Механическая	Механическая	Гидравлическая	Механическая	
Осевая формула	2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	2-2	2-2	2-2	2-2	2-2	2-2	2-2
Конструкционная скорость, м/с	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	11,1	13,9	5,7	11,1
Габаритные размеры, мм:									
длина	10740	12730	8400	8850	8230	8090	9200	7152	7684
ширина	2450	2422	2650	2717	2300	2717	2450	2115	2063
высота	3470	3370	3295	3435	3295	3378	3550	2980	3050
База, мм:									
локомотива	5000	7000	4600	4700	3500	3500	4700	3800	4737
тележки	1700	1800	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1200
Служебный вес, кН	314	314	177	236	118	127	191 и 235	109,8	157
Нагрузка на рельс, кН	78,5	78,5	44,1	59,0	29,5	35	48,0 и 59,0	24,5	39,2
Диаметр колес, мм	900	750	600	600	600	600	600	600	600
Минимальный радиус походящих кривых, м	50	70	40	50	25	25	40	25	30
Количество тележек	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Емкость топлива, л	700	450	550	1100	400	250	1200	200	490
Емкость масла в системе дизеля, л	120	90	70	120	25	25	100	10	70
Масса песка, кг	200	200	420	475	250	250	420	—	200
Завод тепловоза	ОСТ 10167-39	ГОСТ 9720-61							
Завод-изготовитель	Калужский ЧСРР	ЧСРР		Камбарский	Камбарский			Калинин-Камбарский	
Год постройки опытного образца	1956	1957	1962	1964	1971	1971	1971	1958	1961
Марка двигателя	1Д12	12У170DR	У1Д6-250ТКС3	1Д12-400	АМ-41	ЯАЗ-М204А	1Д12-400	Д-54А	У2Д6
Число оборотов двигателя в минуту:									
номинальное	1500	1325	1500	1600	1750	2000	1600	1300	1500
минимальное	750	650	500	500	600	450	500	500	500
Вес двигателя, кН	17,7	23,8	17,1	22,1	9,3	8,0	17,5	10,8	14,2

## 8.2. Техническая характеристика подвижного прицепного состава

Вагоны колеи 750 мм подразделяются на грузовые, специальные, пассажирские. Для перевозки различных грузов (хозяйственных, строительных, горюче-смазочных материалов, оборудования, лесопродукции и сортиментов) предназначены грузовые вагоны. К ним относятся: платформы, крытые вагоны, цистерны, хопердозаторы и др.

К специальным лесовозным вагонам относятся платформы-сцепы Т-55 Алтайского вагоностроительного завода (се-

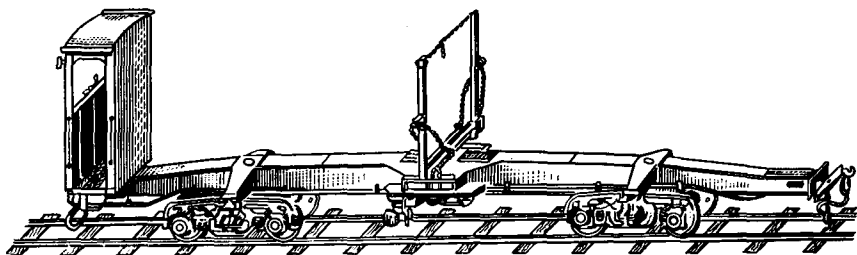


Рис. 8.4. Вагон-полусцеп ЦНИИМЭ-АВЗ

рийный выпуск прекращен в 1956 г.), вагоны-сцепы ЦНИИМЭ-АВЗ (ДВЗ), вагоны-сцепы ЛТ-22 и сцепы из платформ, оборудованных кониковыми устройствами.

Вагоны-сцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ изготавливались серийно Днепродзержинским вагоностроительным заводом имени газеты «Правда», а с 1961 г.— Алтайским вагоностроительным заводом (АВЗ). С 1970 г. эти вагоны выпускает Демиховский машиностроительный завод.

Техническая характеристика специальных лесовозных вагонов колеи 750 мм приведена в табл. 8.2.

В настоящее время на лесовозных дорогах эксплуатируются платформы Лесосудмашстроя, Днепродзержинского и Алтайского вагоностроительных заводов.

Характеристика подвижного состава УЖД приведена в табл. 8.3.

П а с с а ж и р с к и е вагоны служат для перевозки людей на лесосеку и к другим местам производства, а также для пассажирских перевозок на дорогах, где они предусмотрены графиком движения. Наибольшее распространение получил вагон типа ПВ-40Т Демиховского машиностроительного завода.

Вагон-сцеп ЦНИИМЭ-АВЗ состоит из двух полусцепов (рис. 8.4), основными элементами которых являются ходовые тележки, хребтовая балка и коник со стойками. Соединение полусцепов производится ударно-упряжными или ударно-тяговыми приборами (автосцепкой). С помощью автосцепки соединение единиц подвижного состава осуществляется автоматически, а разъединение — вручную поворотом рычага.

Табл. 8.2. Техническая характеристика специальных лесовозных вагонов

Наименование показателей	Вагон-сцеп ЛТ-22	Вагон-сцеп ЦНИИМЭ-АВЗ	Платформы- сцепы Т-55	Сцепы из платформ
Осевая формула	2-2+2-2	2-2+2-2	2-2+2-2	2-2+2-2
Грузоподъемность, т	28	24	20	20
Грузоёмкость, м <sup>3</sup>	35	30	25	25
Нагрузка от оси на рельсы, кН	45	39,3	37,4	33,4
Вес тары, кН:				
с автоматическим тормозом	94,8	83,0	68,1	73,5
нетормозной	88,5	75,7	58,8	62,6
Длина перевозимой древесины, м				
минимальная	6	13	7	9
максимальная	24	22	—	16
Длина вагона-сцепы по осям сцепления ударно-тяговых приборов, м	21; 23; 25	23	11,28	17,05/15,57
Ширина вагона по выступающим частям, мм	2420	2420	2425	2276
База полусцепы, мм	5700	5700	2300	4500
Высота стоек коника, мм	1365	1365	1468	Различная
Тип коника	Четырех- стоечный с запорным устройством	Бесцепевой с автома- тическим запором	Цепной с ручным замком	Тросовый с ручным замком
База тележки, мм	1150	1150	1020	1020
Диаметр колеса, мм	540, 500	500	500	500
Тип тормоза	Воздушный		автоматичес- кой системы Матросова	Ручной
Сила нажатия тормозных колодок, кН:				
на груженом режиме	60	58,8	—	—
среднем режиме	40	39,2	—	—
порожном режиме	20	19,6	—	—
ручного тормоза	30	29,4	—	28,4
Минимальный, радиус прохождения кривых, м	50	50	50	50

Табл. 8.3. Характеристика подвижного состава УЖД

Наименование показателей	Платформы Лесосудмашстрой			Сцепы	
	непере- оборудо- ванная	переобо- рудован- ная	Камбар- ского завода	ЭМ-60	ЛТА-Ленлес
Осевая формула	2-2	2-2	2-2	4-4	4-4
Нагрузка на ось, кН	32	33	30	40	40
Вес, кН:					
нетормозной	34,3	39,2	36,8	—	—
тормозной	40,5	44,1	43,5	1130	96,0
Коэффициент тары:					
нетормозной	0,39	—	0,47	—	—
тормозной	0,45	—	0,56	0,56	0,43

Для вывозки хлыстов рекомендуются и другие конструкции сцепов (рис. 8.5).

В Белорусском технологическом институте имени С. М. Кирова в порядке эксперимента предложен лесовозный сцеп, содержащий поперечную балку и вертикальные стойки, на которых закреплен гибкий орган, отличающийся тем, что с целью увеличения поперечной устойчивости транспортного средства путем центрирования гру-

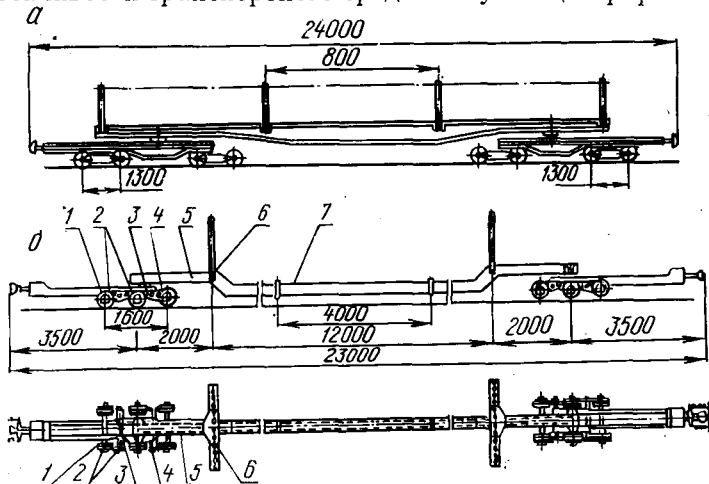


Рис. 8.5. Схемы специальных лесовозных транспортеров для узкоколейных железных дорог:

а — схема, предложенная ЦНИИМЭ; б — схема транспортера на базе трехосных тележек, предложенная БТИ им. С. М. Кирова: 1 — тележка; 2 — боковины; 3 — брус; 4 — корымысло; 5 — хребтовая балка; 6 — поперечный брус; 7 — съемная вставка

за гибкий орган выполнен замкнутым и запасован в двух парах направляющих блоков, смонтированных на стойках, при этом нижняя пара блоков подпружинена (рис. 8.6).

Для колеи 1520 мм в качестве единиц прицепного подвижного состава принимаются грузовые (товарные), пассажирские и специальные вагоны. Грузовые вагоны подразделяются на крытые, платформы, транспортеры, цистерны и др.

Для перевозки хлыстов разработана специальная платформа, представляющая собой цельнометаллическую конструкцию, состоящую из удлиненной рамы с шестью парами стоек, двух типовых двухосных тележек ЦНИИ-Х-30 на роликовых подшипниках (табл. 8.4).

Для оценки конструктивных и эксплуатационных качеств грузовых вагонов применяются следующие показатели:

1. Средняя грузоподъемность учетного вагона

$$K_{г.п} = \frac{\sum P_{г.в}}{n},$$

где  $\sum P_{г.в}$  — суммарная грузоподъемность всех вагонов грузового парка;  $n$  — число учетных вагонов в парке.



## 2. Коэффициент использования грузоподъемности вагона

$$k = \frac{P_{ст}}{P_{г.в}},$$

где  $P_{ст}$  — средняя статическая нагрузка вагона, кН;  $P_{г.в}$  — средняя грузоподъемность вагона, кН.

## 3. Технический коэффициент тары

$$k_T = \frac{q_T}{P_{г.в}},$$

где  $q_T$  — вес тары вагона, кН.

## 4. Погрузочный коэффициент тары

$$k_{п.т} = \frac{q_T \cdot 100}{P_{ф} \lambda},$$

где  $\lambda$  — средний процент использования грузоподъемности вагона.

## 5. Оборот вагона

$$O_v = \frac{l_{гр}(1 + \alpha)}{S_v},$$

где  $l_{гр}$  — длина рейса вагона в груженом состоянии, км;  $S_v$  — среднесуточный пробег вагона, км/сут.;  $\alpha$  — коэффициент по-рожного пробега.

6. Среднесуточный пробег — количество километров, которое проходит вагон в среднем за сутки.

## 7. Средняя суточная производительность вагона

$$E_v = \frac{P_{гр} S_v}{1 + \alpha} \text{ т} \cdot \text{км/сут.},$$

где  $P_{гр}$  — средняя динамическая нагрузка груженого вагона, т.

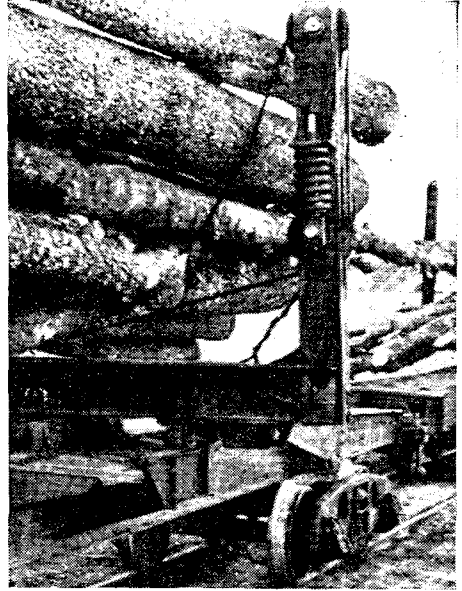


Рис. 8.6. Лесовозный сноп с канатно-пружинной подвеской груза

Табл. 8.4. Техническая характеристика специальной платформы колеи 1520 мм для перевозки хлыстов

Наименование показателей	Величина
Грузоподъемность, кН	550
Длина по осям сцепления автосцепок, м	25,22
Длина рамы, м	24,0
Ширина, м	3,1
База, м	19,0
Наибольшая высота от уровня головки рельс, м	4,39

Для перевозки хлыстов СНИИЛП разработана специальная оснастка для четырехосных платформ.

Используя переоборудованные таким образом платформы, можно производить вывозку леса в хлыстах непосредственно из лесосеки на деревообрабатывающие предприятия.

### **8.3. Эксплуатация и обслуживание узкоколейных локомотивов, вагонов и сцепов**

**Локомотивы.** На каждом локомотиве должен быть технический паспорт, куда заносятся: дата постройки и вступления в эксплуатацию, пробег, конструктивные изменения, смены котла (на паровозе), первичного двигателя (на тепловозе, мотовозе), данные о ремонтах. Локомотив должен иметь отличительный знак и надписи: государственный герб, наименование дороги (предприятия), время и место его постройки, серию и номер, скорость движения, место ремонта, данные об освидетельствовании котла и контрольных приборов.

На тендере должны быть обозначены: серия, номер, дорога (предприятие), емкость бака для воды, вместимость топлива.

Техническое состояние локомотивов определяется путем осмотров, которые производятся при смене локомотивных бригад в депо, на специальных путях, в пути следования — при остановке, перед отправкой локомотивов в депо или заводской ремонт и при выпуске их из ремонта, между очередными ремонтами, при годовом комиссионном осмотре.

При осмотре локомотивов проверяется износ и состояние частей и деталей и соответствие их установленным размерам, обеспечивающим безопасность движения, исправность действия тормозных устройств, контрольных и измерительных приборов, сигнальных принадлежностей, исправность песочниц и правильность подачи песка на головки рельсов.

Обслуживание локомотива производится постоянно прикрепленными лицами. Для тепловоза и мотовоза — машинистом, для паровоза — машинистом и его помощником.

**Колесные пары.** Каждая колесная пара локомотива или вагона должна иметь на торце оси клеймо о времени и месте его формирования и освидетельствования. Кроме того, на осях, бандажах и колесных центрах в предусмотренных правилами маркировки местах должны быть клейма завода-изготовителя, номера плавки, даты изготовления и порядковый номер осей и бандажа. Колесные пары во время эксплуатации должны подвергаться осмотру. Расстояние между внутренними гранями бандажей должно быть  $685 \pm 3$  мм.

Запрещается эксплуатировать локомотивы, имеющие хотя бы одну из следующих неисправностей: ослабление бандажа на оси в ступице колеса; поперечную трещину оси; продольную трещину на оси длиной более 25 мм; протертость на оси глубиной более 2 мм; трещины в бандаже, диске или ступице колесного центра, обод диска или ступице цельнокатаного колеса, в спице колеса; прокат

бандажей более 6...7 мм; толщину гребня, измеренного на расстоянии 18 мм от вершины, более 25 или менее 16 мм; выбоину на поверхности катания колеса более 1 мм; выбоину на ободу цельнокатаного колеса глубиной более 2 мм и длиной 25 мм.

Для колесных пар вагонов, кроме того, прокат по кругу катания у пассажирских вагонов должен быть не более 6 мм и у грузовых — не более 7 мм; толщина бандажа или обода цельнокатаного колеса по кругу катания не менее 19 мм для пассажирских и 16 мм для грузовых вагонов.

**Вагоны и сцепы.** Вагоны, платформы и сцепы допускаются к эксплуатации лишь после осмотра и признания их годными для включения в поезда. Не разрешается ставить в поезда вагоны или платформы, имеющие: неисправности колесной пары; излом или трещины в колесе или на боковине литой тележки; излом наддресорного бруса или поперечной связи; излом хомута или листа ресоры; ударно-тягового устройства; излом или трещины в шкворневой хребтовой балке или буферном бруссе; неисправность стойки или дверного бруса; неисправность крана экстренного торможения; отсутствие полов у платформ при перевозке сортиментов; неисправные катки и стойки при перевозке хлыстов; неисправность приборов освещения.

Подвижной состав должен быть обеспечен исправными ударно-тяговыми устройствами и тормозами: автоматическими и ручными.

В целях обеспечения нормальной работы вагонов-сцепов не допускается загрузка сверх установленной нормы. Хлысты необходимо укладывать равномерно на обе стороны коника. Особое внимание следует уделять механизму автоматического запора стоек.

Буक्स с роликовыми подшипниками подвергаются полной ревизии в зависимости от пробега один раз в год или в два года.

**Норма расхода топлива.** Суточный расход дизельного топлива (теоретический) можно подсчитать по формуле:

$$E_{\text{сут}} = nN_{\text{ном}}k_{\text{м}}k_{\text{вр}}tk_{\text{общ}} \text{ кг,}$$

где  $n$  — время работы тепловоза в сутки, ч;  $N_{\text{ном}}$  — номинальная мощность дизеля, л. с.;  $k_{\text{м}}$  — коэффициент использования дизеля по мощности;  $k_{\text{вр}}$  — коэффициент использования дизеля по времени;  $t$  — удельный расход топлива на 1 л. с., кг/ч;  $k_{\text{общ}}$  — коэффициент увеличения удельного расхода топлива при рабочем режиме (из паспорта дизеля).

Усредненные нормы расхода топлива на лесовозных дорогах приведены в табл. 8.5.

Приближенный расход топлива тепловозами можно определить на основе усредненных данных часового расхода (табл. 8.6).

**Экипировка узкоколейных тепловозов.** При эксплуатации тепловозов в состав экипировочного хозяйства входят устройства для снабжения дизельным топливом, смазочным и обтирочным материалами, водой и песком.

Нормы времени на экипировочные операции приведены в табл. 8.7.

Табл. 8. 5. Усредненные нормы расхода топлива

Тепловозы и мотовозы	Характер работы	Годовой расход дизельного топлива, т
ТУ2, ТУ3	Поездная работа на узкоколейных лесовозных дорогах	100...140
ТУ4, ТУ7 (220 кВт)	То же	100...150
ТУ5	»	120...170
ТУ2МК	Маневровая и хозяйственная работы	20...35
МД54-4, ТУ6	То же	15...25
ТУ7 (294 кВт)	»	120...170

Табл. 8.6. Часовой расход топлива тепловозами на маневровой работе

Тепловозы	Расход, кг/ч
ТУ4, ТУ7 (220 кВт)	8...10
ТУ5, ТУ7 (294 кВт)	10...12
ТУ2	6...7
ТУ6, МД54-4	4...5,5

Табл. 8. 7. Нормы времени на экипировку тепловозов

Операция	Время, мин	
	широкая колея	узкая колея
Снабжение топливом	10...12	5...8
Снабжение смазочным материалом	8...10	3...5
Снабжение водой	8...10	3...4
Снабжение песком	10...12	6...8
Технический осмотр	20...25	15...20
Осмотр и полная экипировка	27...40	25...30

Запас дизельного топлива, смазочных и других материалов на складах экипировки зависит от дальности подвозки и принимается на 5...6 суток с учетом хранения основного запаса на складах ГСМ.

Для железных дорог узкой колеи Ленфилиалом Государственного проектного института по комплексному использованию торфа в народном хозяйстве разработаны типовые проекты экипировки: № 501-11 на 5 тепловозов и 15 единиц другого железнодорожного и безрельсового оборудования и № 501-112 на 10 тепловозов и 25 единиц другого оборудования. Сметная стоимость этих экипировок составляет соответственно 65 и 79 тыс. руб.

#### 8.4. Тягово-эксплуатационные расчеты на железнодорожном транспорте

Для осуществления движения поезда необходимо приложить внешние силы, которые подразделяются на следующие четыре группы: 1) сила тяги локомотива  $F$ ; 2) естественная сила сопротивления

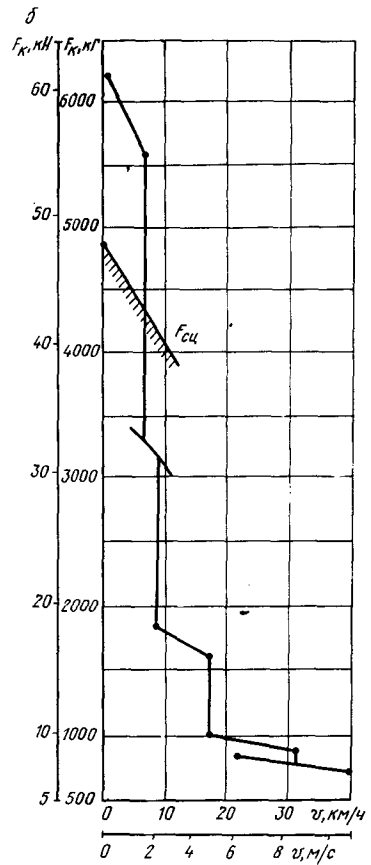
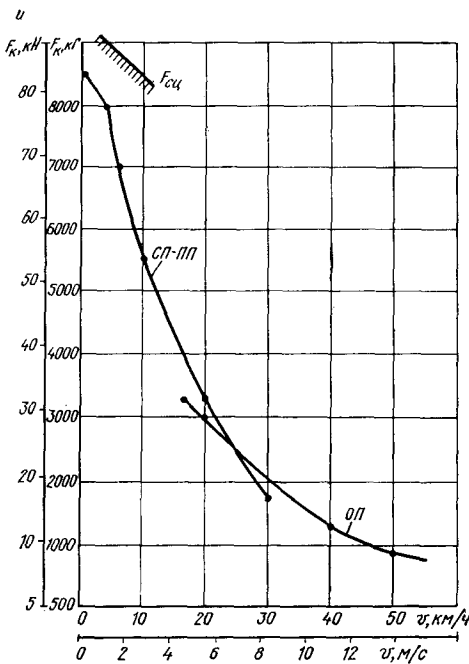


Рис. 8.7. Тяговые характеристики узкоколейных тепловозов и моторовозов:

а — ТУ2; б — ТУЗМК; в — ТУ3; г — ТУ4;  
 д — ТУ5; е — ТУ6; ж — ТУ7; и — МД54-4

движению поезда  $W$ ; 3) искусственная сила сопротивления движению поезда  $B$ ; 4) сила притяжения земли (вес поезда)  $Q$ .

*Силой тяги* называется управляемая внешняя сила, создаваемая двигателем локомотива и приложенная от рельсов к движущимся колесам локомотива в направлении его движения. По месту приложения она делится на: индикаторную  $F_j$ ; касательную  $F_k$ ; силу тяги на сцепке локомотива  $F_{сц}$ .

Работа индикаторной силы тяги  $F_j$  за один оборот движущихся колес соответствует внутренней индикаторной работе пара в цилиндрах машины паровоза или в цилиндрах двигателя тепловоза или механической работе на валах тяговых электродвигателей. Силу тяги локомотивов можно определить по тяговым характеристикам, приведенным на рис. 8.7.

*Тяговой характеристикой* называется графическое изображение зависимости силы тяги от скорости движения при неизменной мощности силовой установки (дизеля — главного генератора).

Величина расчетного коэффициента сцепления для узкоколейных тепловозов определяется по формуле

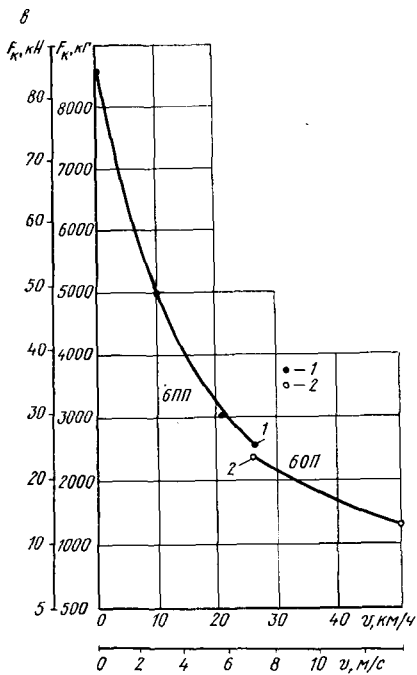
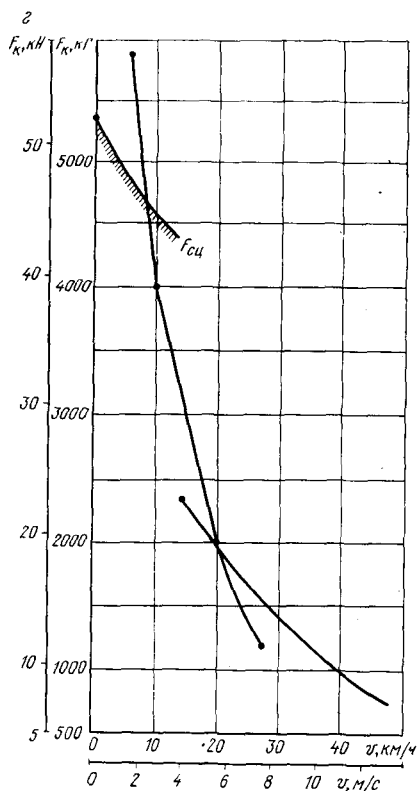


Рис. 8.7. Продолжение



$$\psi_k = 0,20 + \frac{10}{100 + 43,3v}$$

где  $v$  — скорость движения локомотива, м/с.

Для определения веса состава значения расчетной касательной силы тяги и расчетной скорости движения приведены в табл. 8.8.

Табл. 8.8. Сила тяги и расчетная скорость движения узкоколейных локомотивов

Серия локомотива	Сила тяги при трогании с места, кН	Расчетная сила тяги, кН	Расчетная скорость движения, м/с
ТУ2МК	48,0	31,0	2,5
МД54-4, ДМ-54	31,5	17,0	1,7
ТУ2	85,0	46,5	3,6
ГУ3	85,0	44,2	3,3
ТУ4	54,0	45,0	2,2
ТУ5	72,0	57,0	2,2
ТУ6	36,0	22,0	2,2
ТУ7 (220 кВт)	54,0	45,0	3,3
(294 кВт)	72,0	54,0	3,3

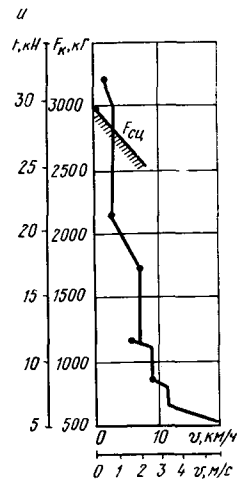
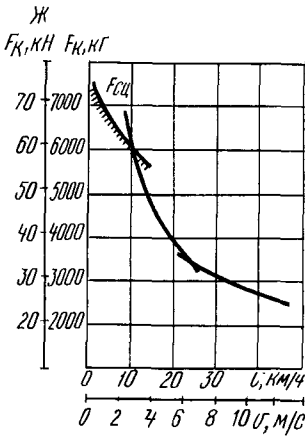
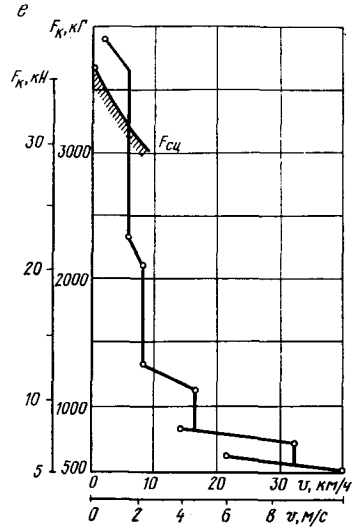
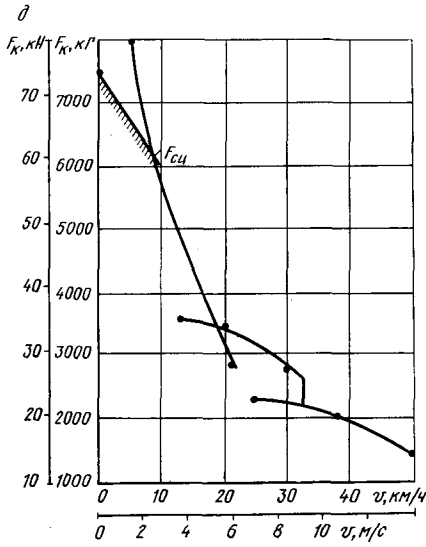


Рис. 8.7. Окончание

Коэффициенты основного сопротивления движению узкоколейных тепловозов  $\omega'_0$  и вагонов  $\omega''_0$  приведены в табл. 8.9.

Значения силы тяги грузовых локомотивов колес 1520 мм приведены в табл. 8.10.

Вес грузового состава определяется по формуле

$$Q_{бр} = \frac{F_k - P (\omega'_0 + i_p)}{\omega''_0 + i_p} \text{ кН,}$$

где  $i_p$  — руководящий подъем;  $\omega'_0$ ,  $\omega''_0$  — коэффициенты сопротивления движению локомотива и вагонов;  $F_k$  — расчетная сила тяги локомотива, кН;  $P$  — вес локомотива, кН.

Табл. 8.9. Значение коэффициента основного сопротивления движению

Тип дороги	$\omega'_0$		$\omega''_0$		
	ТУ2, ТУ3, ТУ4, ТУ5, ТУ7	ТУ2МК	ТУ6, МД54-4 ДМ54	Вагоны- сцепы	Плат- формы
Магистральные пути	0,0042	0,0042	0,0038	0,0040	0,0040
Временные пути	0,0065	0,0060	0,0060	0,0060	0,0058

Табл. 8.10. Сила тяги грузовых локомотивов при трогании с места

Серия локомотива	$F_{к(тр)}$ , кН	Серия локомотива	$F_{к(тр)}$ , кН
ВЛ 80 <sup>к</sup>	662	2ТЭ2	561
ВЛ 60 <sup>к</sup>	497	2ТЭ3	582
ВЛ 22 <sup>м</sup>	420	2ТЭ10	852
ВЛ 8	553	2ТГ102	555

Число вагонов в составе

$$N_{в} = \frac{Q_{бр}}{q_1 + q_2} \text{ шт.},$$

где  $Q_{бр}$  — вес брутто состава, кН;  $q_1$  — вес вагона, кН;  $q_2$  — грузоподъемность вагона, кН.

Объем древесины, перевозимой поездом,

$$Q_{н} = \frac{Q_{бр} - N_{в} q_1}{\gamma} \text{ м}^3,$$

где  $\gamma$  — объемный вес древесины, кН/м<sup>3</sup>:  $\gamma = 7...9$ .

Проверка на трогание с места производится по формуле

$$Q_{тр} = \frac{F_{к.тр} - P(\omega'_0 + i_{тр} + \omega_{тр})}{\omega''_0 + i_{тр} + \omega_{тр}} \text{ кН},$$

где  $F_{к.тр}$  — сила тяги локомотива при трогании с места;  $i_{тр}$  — крутизна элемента профиля, на котором расположен остановочный пункт;  $\omega_{тр}$  — коэффициент дополнительного сопротивления движению поезда при трогании с места;  $\omega_{тр} = 0,005$ . При этом должно соблюдаться неравенство  $Q_{тр} > Q_{бр}$ .

Вес поезда необходимо также проверить по длине приемо-отправочных путей.

Производительность подвижного состава определяется по формуле

$$P_{см} = n Q_{н},$$

где  $n$  — число оборотов подвижного состава в смену;  $Q_{н}$  — полезная нагрузка подвижного состава за оборот, м<sup>3</sup>;



$$n = \frac{T_2}{t_p},$$

$T_2$  — полезное рабочее время смены:

$$T_2 = T - (t_0 + t),$$

$T$  — продолжительность смены, с;  $t_0$  — подготовительно-заключительное время, с;  $t$  — время на набор воды и топлива (только для паровозов), с;  $t_p$  — время рейса:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_{гр} + t_{пор},$$

$t_1$  — время простоев под погрузкой, с;  $t_2$  — время простоев при разгрузке, с;  $t_{гр}$  — время пробега в грузовом направлении с учетом простоев в пути, с;  $t_{пор}$  — то же в порожнем направлении, с:

$$t_{гр} = \frac{l_{ср}}{v_{гр}}; \quad t_{пор} = \frac{l_{ср}}{v_{пор}},$$

$l_{ср}$  — среднее расстояние вывозки, м;  $v_{гр}$  — средняя скорость движения в грузовом направлении, м/с;  $v_{пор}$  — то же в порожнем направлении, м/с.

Средняя скорость движения поезда по дороге с учетом времени простоев в пути называется *участковой скоростью*  $v_y$ .

$$v_y = \frac{2v_{гр}v_{пор}}{v_{гр} + v_{пор}},$$

$v_y$  — средняя участковая скорость пары поездов за один оборот.

Тогда

$$P_{см} = \frac{T_2 Q_H}{t_1 + t_2 + \frac{2l_{ср}}{v_y}}.$$

## 8.5. Тормозные расчеты

Тормозные расчеты необходимо производить при установлении длины тормозного пути при остановке поезда; определении требуемого качества тормозных средств и скорости следования по отдельным участкам дороги.

Длина тормозного пути устанавливается в соответствии с ПТЭ лесовозных железных дорог колеи 750 мм и равна:

а) для поездов, следующих на ручном торможении в равнинной местности 600 м; в сильнохолмистой местности на спусках до 0,040 — 400 м; в горной местности на спусках более 0,040—200 м, при этом скорость движения на участке должна быть ограничена до 10 км/ч, а поезд должен иметь действующих тормозов: на спусках 0,041... 0,45 не менее 70 % общего числа осей в поезде, на спусках 0,046... 0,050—85 % и на спусках 0,051 и более 100 % тормозных осей;

б) для поездов, следующих на автоматическом торможении: в равнинной местности 400 м; в сильнохолмистой местности и на спусках до 0,040—300 м; в горной местности на спусках более 0,040—200 м.

Расчетный тормозной путь определяется как сумма действительного и подготовительного тормозных путей (период подготовки тормозов к действию).

$$S_T = S_{II} + S_d \text{ м;}$$

$$S_{II} = v_H t_0 \text{ м;}$$

$$S_d = \frac{v_H^2 - v_K^2}{2g\xi(\omega_0 + b_K \pm i)} \text{ м,}$$

где  $v_H$  — начальная скорость, м/с;  $t_0$  — время подготовки тормозов к действию, с;  $v_K$  — конечная скорость, м/с;  $\xi \approx 0,945$ ;  $b_K$  — коэффициент удельной тормозной силы;  $\omega_0$  — коэффициент удельного сопротивления состава при холостом движении локомотива;  $i$  — сопротивление от приведенного уклона (для спуска берется со знаком минус, для подъема — со знаком плюс).

Коэффициент удельной тормозной силы равен

$$b_K = \varphi_K \Theta,$$

где  $\varphi_K$  — коэффициент трения тормозной колодки о бандаж;  $\Theta$  — тормозной коэффициент поезда:

$$\Theta = \frac{\sum K_Q + \sum K_P}{Q + P},$$

где  $\sum K_Q$  — сумма сил нажатий колодок состава, кН;  $\sum K_P$  — сумма сил нажатий тормозных колодок локомотива, кН;  $Q$  — вес грузового состава, кН;  $P$  — служебный вес локомотива, кН.

Коэффициент трения между чугунной тормозной колодкой и колесами подвижного состава определяется по формуле

$$\varphi_K = 0,45 \frac{0,1K + 10}{0,8K + 10} \cdot \frac{25}{3,6v_H + 25}.$$

Для композиционных колодок из материала типа 6КВ-10

$$\varphi_K = 0,44 \frac{0,1K + 20}{0,4K + 20} \cdot \frac{3,6v + 150}{7,2v + 150},$$

где  $K$  — действительное тормозное нажатие на одну колодку, кН.

Коэффициент удельного сопротивления состава при холостом ходе локомотива определяется по формуле

$$\omega_0 = \frac{Q\omega_0'' + P\omega'}{Q + P},$$

где  $\omega_0''$  — коэффициент основного удельного сопротивления движению вагонов;  $\omega'$  — коэффициент основного удельного сопротивления движению локомотива.

Время подготовки тормозов к действию равно: при автоматическом торможении — 15 с; при торможении только локомотивом прямодействующим тормозом — 7 с; при ручном торможении — 20 с.

Подсчет тормозов ведется по величине необходимого нажатия

Табл. 8.11. Сила нажатия тормозных колодок локомотива

Тип локомотива	Осевая формула	Число тормозных осей, шт.	Масса локомотива, т	Общая сила нажатия тормозных колодок на оси локомотива при торможении, кН	
				автотормозом	ручным тормозом
ТУ2	2 <sub>0</sub> —2 <sub>0</sub>	4	32	150	90
ТУ3	2 <sub>0</sub> —2 <sub>0</sub>	4	32	150	90
ТУ4	2—2	4	18	120	25
ТУ5	2—2	4	24	160	25
ТУ2МК	2—2	4	16	112	20
ТУ6	2—2	4	12	80	30
ТУ7	2—2	4	24	160	25

Табл. 8.12. Сила нажатия тормозных колодок на колеса тормозных вагонов

Тип вагона	Число осей	Грузоподъемность вагона, кН	Масса вагона, т		Нажатие тормозных колодок на одну ось, кН		
			нетормозного	тормозного	автотормозом		ручным
					груженный режим	порожный режим	
Вагон-сцеп ЦНИИМЭ-АВЗ	8	240	7,6	8,0	15	7,5	7,5
Платформы:							
Алтайского вагоностроительного завода	4	200	7	7,4	27	13	10
Камбарского машиностроительного завода ПЛМ(Т-10)	4	100	3,2	3,7	—	—	9
Типа «Лесосудмашстрой»	4	190	4	4,4	—	—	9
Платформы-сцепы Т-55	8	240	3,5	—	—	—	10
Тележки-сцепы РТ-2	4	170	5,1	—	—	—	5
Крытый грузовой вагон	4	200	9,4	9,7	25	12,5	15
Пассажирский вагон Демидовского машиностроительного завода	4	60	—	11,7	19	9	9

Примечание. При наличии на дороге типов вагонов, не указанных в таблице, общая величина нажатия тормозных колодок на колесе вагона  $x$  определяется по формуле: а) для грузовых вагонов  $x = 0,7 П$ ; б) для пассажирских —  $x = 0,3 П$ , где  $П$  — вес тары тормозного вагона.

тормозных колодок на колеса. Сила нажатия тормозных колодок локомотива приведена в табл. 8.11, а вагонов — в табл. 8.12.

При неисправности автотормозов в пути и удержании поезда на месте после его остановки на перегоне в состав поезда на автоматическом торможении включаются вагоны (сцепы) с ручными тормозами, с количеством тормозных осей согласно табл. 8.13.

Табл. 8.13. Необходимое число ручных тормозов в грузовых поездах, следующих на автотормозах, на каждые 100 т веса состава

Уклон, ‰	Число тормозных осей	Уклон, ‰	Число тормоз- ных осей	Уклон, ‰	Число тормоз- ных осей	Уклон, %	Число тормозных осей
0	0,5	14	2,5	28	5,6	42	12,0
2	0,5	16	3,0	30	6,0	44	15,0
4	0,5	18	3,3	32	7,0	46	18,0
6	0,6	20	3,7	34	8,0	48	22,0
8	0,9	22	4,2	36	9,0	50	24,0
10	1,5	24	4,6	38	10,0	—	—
12	2,0	26	5,0	40	10,0	—	—

Примечание. При уклонах свыше 50‰ количество тормозных осей в поезде должно составлять 100 %.

### 8.6. Организация движения поездов

График движения устанавливает время прибытия и отправления, а также безостановочного следования поездов по раздельным пунктам, перегонам, продолжительность нахождения локомотивов на конечных и промежуточных станциях; определяет работу тягового и прицепного составов, дорожных машин, депо и пути, погрузочных пунктов и нижнего склада. Каждому поезду графиком движения устанавливается номер: поездам грузового направления — четный, а порожнего — нечетный. В зависимости от соотношения числа поездов в четном и нечетном направлениях графики разделяются на парные и непарные.

Наибольшее число пар поездов определенного веса, которое может быть пропущено по дороге или ее участку в течение суток, называется *пропускной способностью*:

$$N_0 = N_{л.п} + N_{раб} + N_x + N_{д.-с} + N_{м.н.},$$

где  $N_{л.п}$  — расчетное число пар лесовозных поездов;  $N_{раб}$  — число пар рабочих поездов для перевозки рабочих;  $N_x$  — число пар хозяйственных поездов;  $N_{д.-с}$  — число пар дорожно-строительных поездов;  $N_{м.н.}$  — число пар поездов для перевозки местного населения.

Для бесперебойной работы железной дороги и пропуска расчетного количества пар поездов необходимо, чтобы фактическая пропускная способность была больше или равна расчетной.

Фактическая пропускная способность дороги определяется по формуле

$$N_{\phi} = \frac{86\,400}{t_{гр} + t_{пор} + t_{скр} + t_{раз} + t_{зам} + t_{ож}},$$

где 86400 — количество секунд в сутках;  $t_{гр}$  — время хода груженого поезда по перегону, с;  $t_{пор}$  — время хода порожнего поезда по перегону, с;  $t_{скр}$  — необходимое время на скрещение пары поездов

или стационарный интервал, с;  $t_{\text{раз}}$  — время разгона, с;  $t_{\text{зам}}$  — время замедления при остановке, с;  $t_{\text{ож}}$  — ожидание встречного поезда на разъезде, с.

На однопутных дорогах скрещение поездов осуществляется на отдельных пунктах, которые необходимо размещать на прямых горизонтальных участках или в исключительных случаях на кривых с радиусами не менее 300 м на таком расстоянии, чтобы время хода по перегонам было по возможности одинаковым.

На лесовозных дорогах графики движения обеспечивают: выполнение плана перевозок пассажиров и грузов; безопасность движения поездов; наиболее выгодное использование подвижного состава; согласованность работы станции и прилегающих участков, а также наилучшее использование их пропускной способности; соблюдение установленной продолжительности непрерывной работы локомотивных бригад и кондукторов. Они могут быть плановые (директивные) и исполненного движения (отчетные).

При составлении графиков движения в первую очередь наносят движение пассажирских поездов, а затем — грузовых.

При большой пропускной способности накладку линий хода поездов следует начинать с участка, имеющего наименьшую пропускную способность, а при неполном — с перегона, примыкающего к станции нижнего склада.

Время нахождения локомотива в пункте оборота

$$t_{\text{об}} = \frac{T}{N_0} + t,$$

где  $T$  — время работы лесовозной дороги в сутки, с;  $N_0$  — требуемая пропускная способность пар поездов в сутки;  $t$  — минимальный интервал одновременного прибытия поездов противоположных направлений, с:  $t = 300$ .

По роду перевозок и очередности пропуска поезда на лесовозных дорогах делятся на: в н е о ч е р е д н ы е — санитарные, пожарные, восстановительные, снегоочистители; о ч е р е д н ы е — пассажирские, лесовозные, хозяйственные; н е п р е д у с м о т р е н н ы е г р а ф и к о м.

Движением поездов на лесовозной дороге должен руководить дежурный диспетчер.

Для определения потребного количества локомотивов необходимо знать годовой и суточный объемы перевозок, расстояние вывозки, тип локомотивов и их среднюю техническую скорость движения, вес состава поезда для данного локомотива и дороги и время рейса, которое определяется по формуле

$$t_p = \frac{2l_{\text{сп}}}{v_{\text{сп}}} + t_{\text{п.о}} + t_{\text{с.с}} + t_{\text{скр}},$$

где  $t_{\text{п.о}}$  — время, затраченное локомотивом при прицепке и отцепке его к вагонам, с;  $t_{\text{с.с}}$  — время стоянки локомотива на верхнем и нижнем складах, с;  $t_{\text{скр}}$  — время на скрещение поездов, с.

Зная время рейса, можно определить число рейсов в сутки

$$n = \frac{(29\,520 - t_3 - t_{п.-з}) k_{см}}{t_p},$$

где 29 520 — число секунд в смену при 5-дневной рабочей неделе;  $t_3$  — время, затраченное на заправку локомотива, с;  $t_{п.-з}$  — подготовительно-заключительное время в смену, с;  $k_{см}$  — коэффициент сменности.

Объем вывозки одним локомотивом в смену равен:  $Q = Q_n n$ , где  $Q_n$  — вес поезда, кН.

Число вагонов в поезде определяем по формуле

$$N = \frac{Q_n}{q},$$

где  $q$  — грузоподъемность единицы подвижного состава, кН.

Общее число локомотивов принимается на 10% больше потребного для вывозки леса. Затраты времени по операциям приведены в табл. 8.14.

Табл. 8. 14. Затраты времени по операциям на УЖД, с

Локомотивы	Подготовительно-заключительное время за смену	Время пробега в обоих направлениях		Время на набор топлива и воды на смену	Коэффициент, учитывающий затраты времени на среживание	Время ожидания на формировочном пункте в лесу	Время ожидания на центральной станции	Время на маневровые работы на центральной станции	Время на формирование состава на складе, в лесу
		по магистрали	по усам						
ТУ2	1500	300	—	1500	1,3	1500	1500	2400	—
ТУ4	1500	1500	—	1500	1,3	1200	1500	2400	5280
ТУ5	1500	330	—	1500	1,3	1500	1500	2400	—
ТУ6	1500	3600	660	1500	1,3	1200	1500	2700	5280
МД54-4	1500	660	860	1200	1,3	1200	1500	3000	5760
ТУ7	1500	330	—	1500	1,3	1200	1500	2400	5280

## 8.7. Организация работы станций

Железнодорожные станции предназначены для выполнения грузовых и пассажирских операций, обеспечения погрузки и выгрузки грузов и обслуживания пассажиров. В зависимости от характера выполняемой работы они разделяются на промежуточные, участковые, сортировочные и грузовые.

Промежуточные станции предназначены для производства пассажирских и грузовых операций, приема, отправления и пропуска составов, прицепки и отцепки вагонов от сборных и вывозных поездов.

Участковые станции выполняют операции по обработке транзитных грузовых поездов, расформированию и формированию

нию участковых и сборных поездов, смене локомотивов и поездных бригад, а также по обслуживанию пассажиров и производству погрузочно-выгрузочной и коммерческой работ. Размещаются на стыках тяговых плеч.

Сортировочные станции используются для переработки поступающего вагонопотока и формирования поездов соответствующих назначений.

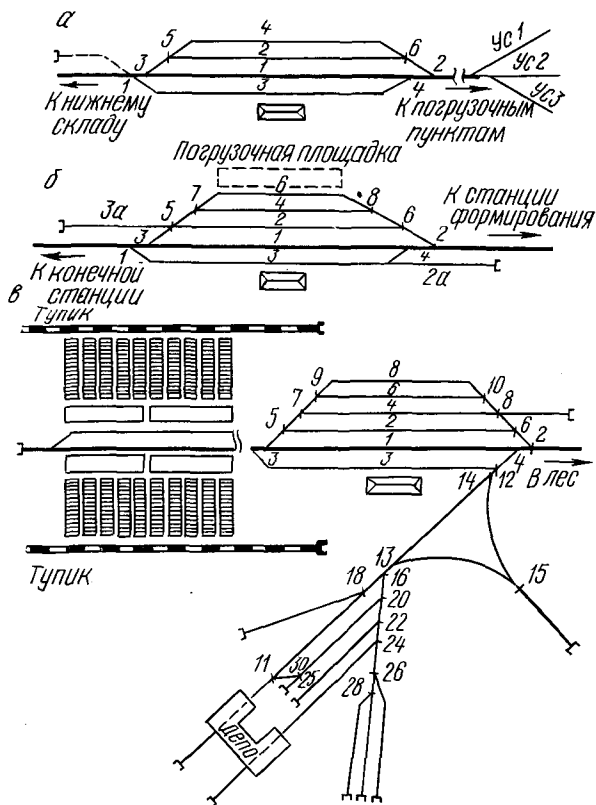


Рис. 8.8. Схемы станций лесовозной дороги: а — формировочной; б — промежуточной; в — конечной (цифрами обозначены пути и стрелки)

Грузовые станции служат для выполнения грузовых операций (погрузка, выгрузка). Они располагаются в крупных промышленных и административных центрах, в пунктах расположения морских и речных портов, в районах массового прибытия грузов и т. д. Бывают общего пользования и специальные, тупикового и сквозного типов.

Для лесовозных узкоколейных железных дорог характерными являются формировочные, промежуточные и конечные станции (рис. 8.8).

Формировочные станции служат для формирования полновесных составов из подаваемых по веткам и усам груженных сцепов и вагонов. Эти станции имеют развитые пути.

На промежуточных станциях производятся: прием, отправление, пропуск, скрещение и обгон поездов; технические операции с поездами, прицепка и отцепка вагонов, погрузка древесины и т. д.

Конечная станция является основным подразделением лесовозной железной дороги. Располагается она у места перевалки древесины на нижнем складе, возле железной дороги МПС, на берегу сплавной реки, в близости от лесоперерабатывающего предприятия.

Работа станций независимо от их назначения организуется на основании графика движения, плана формирования поездов, технологического процесса обработки вагонов и поездов и технико-распорядительного акта.

*Технологическим процессом* называется установленная система организации работы станции, определяющая порядок обработки вагонов и поездов, нормы времени на выполнение отдельных операций, порядок оперативного руководства и планирования работы станций. Оформляется в виде отдельного распорядительного документа.

*Технико-распорядительный акт* станции регламентирует безопасный и беспрепятственный прием, отправление и проследование поездов по станции, а также безопасность внутростанционной маневровой работы. К нему прилагаются: масштабная схема станции и местные инструкции — по приему и отправлению поездов, о порядке производства маневровых работ, о пользовании устройствами СЦБ, о работе сортировочных горок, об обслуживании подъездных путей и др.

По характеру работы маневры подразделяются на сортировочные, группировочные, перестановочные и специальные.

В зависимости от назначения маневровые работы бывают формировочные и формировочные. К маневровым работам относят также прицепку и отцепку вагонов от поезда, подачу вагонов к разгрузочным эстакадам и уборку их, перестановку вагонов и др.

Основной задачей формировочных, сортировочных и крупных участковых станций является формирование поездов.

*Поездом* называется состав из вагонов, сформированный и сцепленный по плану формирования и графику движения поездов с одним или несколькими действующими локомотивами, снабженный сигналом и обслуживаемый поездной бригадой. Лесовозные поезда формируются на формировочных станциях или путях (усах), расположенных в зоне заготовки леса. Формирование грузовых поездов производится без подборки вагонов по количеству осей и весу. Расстановка вагонов в составе производится в соответствии с требованиями ПТЭ в зависимости от вида сцепления и необходимости постановки вагонов для прикрытия.



Для четкой организации работы станции необходимо знать ее пропускную способность. Расчет может быть произведен аналитическим или графическим методами. Аналитический метод заключается в определении пропускной способности отдельных элементов путевого развития станции: приемо-отправочных путей, горловин, сортировочных вытяжек, стрелок, соединительных путей и т. д.

Расчет пропускной способности приемо-отправочных путей определяется по данным времени занятия путей всеми поездами, которые прибывают на станцию. При этом необходимо, чтобы  $T_{\text{п}} \leq T_{\text{р.с}}$ , где  $T_{\text{п}}$  — время занятия путей, с;  $T_{\text{р.с}}$  — время работы станции, при односменной работе — 28 800 с; при двухсменной — 57 600 и трехсменной — 86 400 с.

$$T_{\text{п}} = \alpha (N_{\text{пр}} t_{\text{пр}} + N_{\text{пр}} t'_{\text{ст}} + N_{\text{пр}} t_{\text{м}} + N_{\text{о}} t'_{\text{м}} + N_{\text{о}} t'_{\text{ст}} + N_{\text{о}} t'_{\text{о}}),$$

где  $\alpha$  — коэффициент неравномерности прибытия и отправления поездов;  $N_{\text{пр}}$  — число принимаемых на станцию поездов;  $N_{\text{о}}$  — то же, отправляемых;  $t_{\text{пр}}$ ,  $t'_{\text{о}}$  — время, затрачиваемое на прием (отправление) поезда;  $t_{\text{ст}}$ ,  $t'_{\text{ст}}$  — время, затрачиваемое на простой поезда при его приеме (отправлении);  $t_{\text{м}}$ ,  $t'_{\text{м}}$  — время, затрачиваемое на маневры при передаче с одного парка путей на другие (и обратно).

Число принимаемых на станцию поездов и отправляемых определяется из графика работы дороги и зависит от объема производства и способа организации работ.

Время, затрачиваемое на прием поезда,

$$t_{\text{пр}} = \frac{l_{\text{в.п}}}{v} + t_{\text{т}} + t_{\text{с.о}},$$

где  $l_{\text{в.п}}$  — расстояние от входного сигнала до предельного столбика в противоположном приему конце парка, м;  $v$  — средняя скорость прибытия поезда на станцию, м/с;  $t_{\text{т}}$  — время прохода поездом тормозного пути перед входным сигналом, с;  $t_{\text{с.о}}$  — сумма времени на выполнение всех станционных операций, с.

Время, затрачиваемое на отправление поезда,

$$t_{\text{о}} = \frac{l_{\text{о}}}{v} + t_{\text{о.с}} + t_{\text{с.о}},$$

где  $l_{\text{о}}$  — расстояние от хвоста поезда до последней стрелки, входящей в маршрут отправления, м;  $v$  — средняя скорость отправления поезда со станции, м/с;  $t_{\text{о.с}}$  — время на освоение (восприятие) решающего показания сигнала отправления, с.

Время стоянки поезда на путях, приема и отправления устанавливается в соответствии с графиком движения поездов, принятым технологическим процессом обработки поездов и технико-распорядительным актом станции. Для промежуточных станций лесовозных узкоколейных дорог эти величины могут быть определены по формулам: при приеме поездов  $t_{\text{ст}} = 90 + 30 n$  с; при отправлении —  $t_{\text{ст}} = 300 + 60 n$  с, где  $n$  — число вагонов в составе.

Время, затрачиваемое на маневры,

$$t_m = t'_m = \frac{l_m}{v_m} + t_{отц}, c,$$

где  $l_m$  — расстояние, на которое перемещается поезд при маневрах, м;  $v_m$  — средняя скорость движения поезда при маневровых работах, м/с;  $t_{отц}$  — время на каждую прицепку или отцепку, с:  $t_{отц} = 60 \dots 90$ .

Время занятия погрузочных (разгрузочных) путей определяется по формулам:

при вывозке леса сортиментами

$$T_{п.р} = n_1 N (t_{п.р} + t_m);$$

при вывозке леса хлыстами

$$T_{п.р} = n_1 N (t_{п.р} + t_m + t_{уб}),$$

где  $n_1$  — число погрузочных (разгрузочных) пунктов;  $N$  — число подач под нагрузку (разгрузку);  $t_{п.р}$  — время погрузки (разгрузки) одной подачи;  $t_{уб}$  — время на уборку маневрового локомотива.

Время занятия горловины

$$T = \alpha (N_{п.р} t_{п.р} + N_0 t_0 + N_m t_m + N_{л} t_{л} + N_{вр} t_{вр}),$$

где  $N_m$  — число маневровых передвижений;  $N_{л}$  — число передвижений локомотивов;  $N_{вр}$  — число «враждебных» маршрутов по отношению к данной горловине;  $t_m$  — время занятия горловины маневрирующим составом;  $t_{л}$  — время занятия горловины маневрирующим локомотивом;  $t_{вр}$  — время, на которое прекращается работа горловины при «враждебном» маршруте.

Аналогично определяется продолжительность занятия стрелок, соединительных и других станционных путей.

Коэффициент использования пропускной способности определяется по формуле

$$k_{и.п} = \frac{T}{T_{р.с} n_{п}}.$$

Для оценки работы станции применяется ряд показателей: вагонооборот, наличие вагонов, простой вагонов, процент отправления поездов по расписанию и др.

Вагонооборот определяется по формуле

$$n_{в.об} = n_{пр} + n_{уб},$$

где  $n_{пр}$  — сумма прибывших на станцию вагонов;  $n_{уб}$  — сумма убывших со станции вагонов.

## 8.8. Сигнализация и связь на железных дорогах

Устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) предназначаются для бесперебойного и безопасного движения поездов.

К устройствам сигнализации относят видимые и звуковые; дневные, ночные и круглосуточные; постоянные, переносные

и ручные сигналы. Постоянные сигналы (светофоры, семафоры и предупредительные диски) являются основной составной частью устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. В зависимости от места установки и назначения светофоры выполняют различные функции (рис. 8.9). Установленные на них сигналы обозначают:

а) один зеленый свет — «Разрешается движение с установленной скоростью, следующий светофор открыт»;

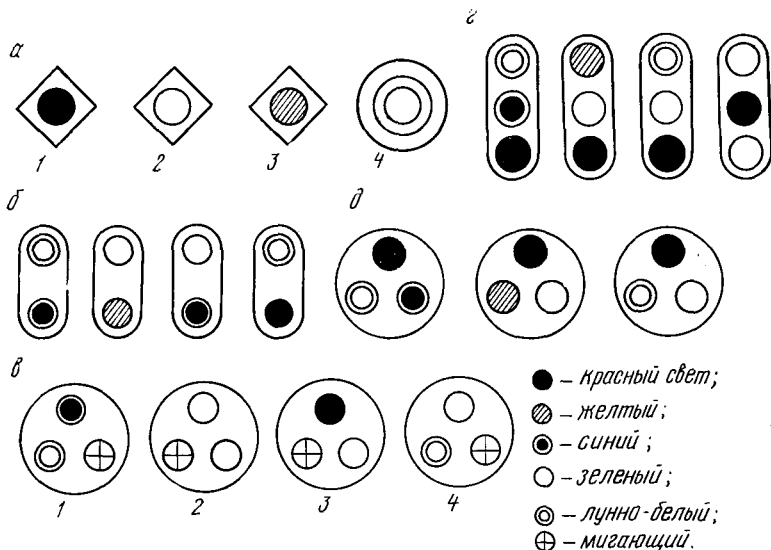


Рис. 8.9. Основные виды светофоров:

а — однозначный: 1 — заградительный; 2 — повторный; 3 — предупредительный; 4 — пригласительный; б — двухзначный линзовый; в — двухфазный прожекторный: 1 — маневровый; 2 — предупредительный; 3 — проходной; 4 — маневровый; г — трехзначный линзовый; д — трехзначный прожекторный

б) один желтый — «Разрешается движение с готовностью остановиться, следующий светофор закрыт»;

в) два желтых — «Разрешается проследование светофора с уменьшенной скоростью и готовностью остановиться у следующего светофора, поезд следует на боковой путь»;

г) один красный — «Стоять! Запрещается проезжать сигнал».

Семафорами подаются сигналы, запрещающие или разрешающие движение поездов. Так, днем поднятием крыла под углом 135° по отношению к мачте, а ночью одним зеленым светом подается сигнал «Путь свободен». Горизонтальное положение крыла днем, красный свет ночью соответствуют сигналу «Стоять! Запрещается проезжать сигнал». Входные семафоры двумя поднятыми крыльями сигнализируют — «Разрешается поезду следовать на боковой путь с готовностью остановиться на станции».

Жезловые аппараты изготавливают девяти серий. Они могут быть с неподвижным, подвижным электрозатворами и др. Обозна-

чаются буквами А, В, С, Д, Е, F, К, М и Р. Это делается для того, чтобы жезл одного перегона не мог быть вложен в аппарат соседнего.

Электрожелезная система включает: электрожелезнодорожный аппарат конструкции Д. С. Трегера, малогабаритный железный индуктор, телефон МБ, телефонный переключатель, прибор с ключом-жезлом.

С помощью индуктора осуществляется подача сигналов (звонков) на соседнюю станцию и приведение в действие электрозатвора железного аппарата этой станции.

Основными видами связи, применяемыми на лесных железных дорогах, являются:

1) поездная межстанционная — для связи станций по вопросам движения поездов;

2) диспетчерская — для связи дежурного диспетчера с отдельными и погрузочными пунктами, складами, депо и др.;

3) местная станционная — для служебной связи работников транспорта с постами и службами станций.

В качестве поездной межстанционной связи используется телефонная, к которой допускается подключение только дежурных по станциям, а на участках с автоблокировкой, кроме того, телефонов перегонной связи с дежурными по переездам. При телефонной связи разрешением на занятие перегона поездом служит письменное указание установленной формы или жезл.

Устройства централизации — это механическая и электрическая централизация стрелок и сигналов. Простейшим видом таких устройств является ключевая зависимость стрелок, при которой стрелки переводятся вручную стрелочниками, а сигналы могут быть открыты только при определенном положении стрелок, запертых контрольными замками. Вынуть ключ из такого замка можно в том случае, если стрелка заперта в положении, которое указано на вынутом из замка ключе (+; —) при условии плотного прилегания остряка к рамному рельсу. Запирать стрелки при зазоре между прижатыми остряком и рельсом 4 мм и более нельзя.

К устройствам блокировки относятся электрожелезнодорожная система, полуавтоматическая и автоматическая блокировки, локомотивная сигнализация и автостопы.

В качестве диспетчерской связи применяется телефонная связь, которая является избирательной (селекторной). Диспетчерский пункт связан с линейными пунктами, установленными на разъездах (станциях) двумя проводами. Диспетчер из своего пункта может вызвать любой отдельный пункт посылкой определенного импульса тока.

Для диспетчерской распорядительной станции применяют станцию типа СПД-59, комплект которой включает: а) блок распорядительного устройства; б) кнопочное распорядительно-вызывное устройство диспетчера; в) педаль; г) микрофон.

В настоящее время на железнодорожном транспорте широкое распространение получила радиорелейная связь.

## Глава 9. МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

### 9.1. Машины для подготовительных работ

**Кусторезы.** Кусторез представляет навесное оборудование к трактору. Им производится срезка кустарника, мелких деревьев. Различают кусторезы с активным и пассивным рабочими органами. На рис. 9.1 показано устройство кустореза ДП-4 с пассивным рабочим органом на базе трактора Т-100 МГП.

Отвал имеет А-образную раму, сваренную из уголков и усиленную накладками и раскосами, и установленный на ней каркас, обшитый по бокам листовым железом. К нижним кромкам рамы прикреплены болтами ножи, с помощью которых производится срезание кустарника и деревьев. В передней части рамы приварен носовой лист для раскалывания пней и раздвигания сваленных деревьев.

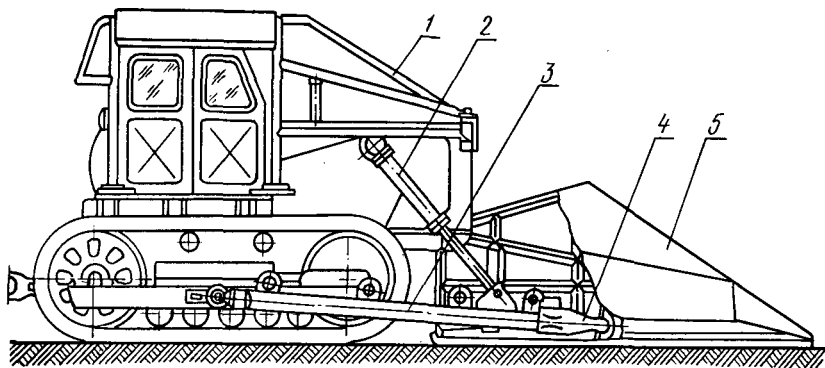


Рис. 9.1. Кусторез ДП-4:

1 — ограждение; 2 — гидроцилиндр подъема рабочего органа; 3 — универсальная рама; 4 — съемная головка; 5 — отвал

Универсальная рама кустореза ДП-4 используется при навеске на трактор как отвала кустореза, так и корчевателя, бульдозера и др. Опускание и подъем отвала осуществляется двумя гидроцилиндрами, приводимыми в действие от гидросистемы трактора. Технические и эксплуатационные характеристики кусторезов приведены в табл. 9.1.

Табл. 9.1. Технические и эксплуатационные характеристики кусторезов

Показатели	Марки кусторезов		
	ДП-24	ДП-4(Д-514А)	ДП-1 (Д-174Г)
Базовый трактор	T-130	T-100МГП	T-100М
Ширина захвата, мм	3600	3600	3600
Угол установки ножей в плане, град	64	64	64
Привод рабочего органа	Гидравлический от гидросистемы трактора		Канатный от лебедки ДЗ-21А
Средняя производительность га/смену	До 6	4...6	До 6
Рабочая скорость, км/ч	3,17...3,77	2,36...3,78	2,36...3,78
Средний расход дизельного топлива, кг/смену	134,2	109	109
Ориентировочная стоимость машино-смены, руб.	39	36	38
Срок службы, лет	6	6	6
Межремонтный цикл	6000	6000	6000
Габаритные размеры с трактором, мм:			
длина	7600	7380	7800
ширина	3600	3600	3600
высота	3200	3150	3150
Масса (с трактором), кг	16 100	14 400	14 520
Масса навесного оборудования, кг	2500	2400	2720
Прейскурантная цена, руб.	—	7230	6200

Производительность кустореза определяется по формуле

$$P_2 = \frac{1000bv \left( k_B - \frac{n_1 t_1}{60} \right)}{n} \text{ м}^2/\text{ч},$$

где  $b$  — ширина захвата, м;  $v$  — рабочая скорость движения кустореза, км/ч;  $k_B$  — коэффициент использования рабочего времени;  $n_1$  — число поворотов в конце участка;  $t_1$  — время, затрачиваемое на один поворот, мин;  $n$  — число проходов по одному месту (1...3).

**Корчеватели.** Корчеватель является навесным оборудованием к гусеничному трактору или колесному тягачу, предназначается для корчевки пней и валунов. По характеру установки рабочего органа на базовом тракторе различают корчеватели с передней и задней навеской; по системе управления рабочим органом — с канатно-блочным и гидравлическим приводами. Последний обеспечивает его принудительное заглубление.

Рабочим органом корчевателей с передней навеской является отвал, снабженный изогнутыми зубьями. Рабочий орган корчевателя, устанавливаемый на заднем мосту трактора, состоит из вертикальной стойки, толкающей рамы и двух двуплечих рычагов (клыков), жестко связанных между собой.

Конструкция корчевателя с гидравлическим приводом показана на рис. 9.2.

Эксплуатационные и технические характеристики корчевателей приведены в табл. 9.2 и 9.3.

**Тяговый расчет корчевателя.** При работе корчевателя возникают следующие виды сопротивлений:

а) сопротивление грунта рыхлению

$$W_1 = KlSk_{н.р} \text{ кН,}$$

где  $K$  — удельное сопротивление грунта рыхлению: для дернового покрова и грунта без корней  $K = 20...25 \text{ кН/м}^2$ ; для грунтов со значи-

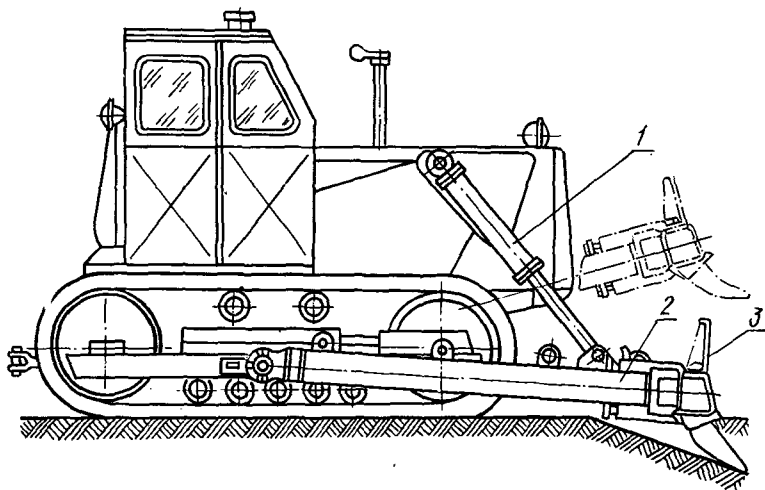


Рис. 9.2. Корчеватель ДП-3 на тракторе Т-100МГП с гидравлическим приводом:

1 — гидроцилиндр; 2 — универсальная толкающая рама; 3 — отвал с зубьями

тельным содержанием корней  $K = 50...100 \text{ кН/м}^2$ ;  $l$  — ширина отвала, м;  $S$  — глубина рыхления, м;  $k_{н.р}$  — коэффициент неполноты рыхления;

б) сопротивление волочению кустарника, пней, камней по грунту

$$W_2 = G_{н}f_{к}k_0 \text{ кН,}$$

где  $G_{н}$  — сила тяжести перемещаемого перед отвалом груза, кН;  $f_{к}$  — коэффициент сопротивления перемещению пней, камней по грунту:  $f_{к} = 0,6...0,7$ ;  $k_0$  — коэффициент, учитывающий одновременную корчевку кустарника:  $k_0 = 1,3...1,5$ ;

в) сопротивление перемещению трактора с навесным оборудованием по грунту

$$W_3 = (G_{т} + G_{н}) (f \pm i) \text{ кН,}$$

где  $G_{т}$  и  $G_{н}$  — сила тяжести трактора и навесного оборудования корчевателя, кН;  $f$  — коэффициент сопротивления передвижению:  $f = 0,1...0,15$ ;  $i$  — уклон местности.

Работа корчевателя возможна при условии, если

$$T_1 k_d \geq \sum W \text{ и } T_1 \leq G_{фц},$$

где  $T_1$  — толкающее тяговое усилие трактора на I передаче;  $k_d$  — коэффициент динамичности;  $\varphi_{сц}$  — коэффициент сцепления гусениц трактора с грунтом, зависит от конструкции гусениц и типа грунта.

**Рыхлители.** Рыхлитель — это навесное оборудование к гусеничным тракторам и пневмоколесным тягачам. Выпускавшиеся ранее прицепные рыхлители сняты с производства. Предназначаются для рыхления тяжелых, каменных и мерзлых грунтов, удаления из грунта остатков пней и камней после работы корчевателей. Основ-

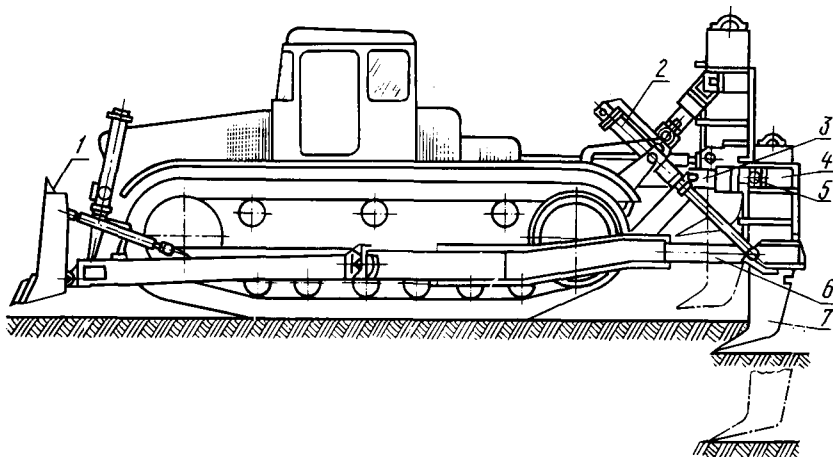


Рис. 9.3. Рыхлитель специального назначения с четырехточечной (параллелограммной) системой подвески:

1 — бульдозерное оборудование; 2 — гидроцилиндр; 3 — верхняя тяга; 4 — рабочая балка; 5 — флюгер; 6 — нижняя рама; 7 — зуб

ными частями являются рабочий орган, состоящий из рамы и зубьев с наконечниками, подвеска для шарнирного сочленения рабочего органа с базовым тягачом, привод для подъема и опускания рабочего органа.

Конструкция рыхлителя специального назначения с четырехточечной (параллелограммной) системой подвески показана на рис. 9.3.

Техническая и эксплуатационная характеристики рыхлителей приведены в табл. 9.4 и 9.5.

Производительность рыхлителя определяется по формуле

$$\Pi = \frac{LbSk_B}{\left(\frac{L}{v} + t\right)n} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $L$  — длина захватки (участка), на которой работает рыхлитель, м;  $b$  — ширина полосы рыхления с учетом перекрытия соседней, м;  $k_B$  — коэффициент использования времени;  $v$  — рабочая скорость рыхлителя, м/ч;  $t$  — время, затрачиваемое на поворот, ч;  $n$  — число проходов рыхлителя по одному месту:  $n = 3 \dots 4$ .



Табл. 9. 2. Эксплуатационная характеристика корчевателей

Показатели	Марка									
	ДП-25	Д-695	ДП-21	ДП-20	ДП-3	ДП-2	ДП-13	ДП-8	М-6	
Обслуживающий персонал										
Рабочая скорость, км/ч	3,17...3,77									
Наибольшая масса корчюемых пней, т	3,5	3	3,5	3,5	3	3	2,89 3	2,14...3,25 2,5	3,25 1,5	
Наибольший диаметр корчюемых пней, см	До 50	45	50	До 70	45	45	40	30	20	
Средняя производительность при корчевке пней, шт/ч	60	50	40...45	40...45	50...60	50...60	25	45	40	
Средний расход дизельного топлива в смену, кг	134,2	109	109	109	109	109	96,5	94,7	68,2	
Ориентировочная стоимость ма-шино-смены, руб.	39	30	30	31	30	31	30	28	26	
Срок службы, лет	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
Межремонтный цикл, ч	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	
Прейскурантная цена, руб.	—	9220	—	—	6500	5500	6670	4300	3800	

Табл. 9.3. Техническая характеристика корчевателей

Показатели	Марка								
	ДП-25	Д-695	ДП-21 (К-2А)	ДП-20 (К-1А)	ДП-3 (Д-513А)	ДП-2 (Д-496)	ДП-13 (Д-690)	ДП-8 (Д-608)	М-6
Базовый трактор	Т-130Г	Т-100МБГП	Т-100МГП	Т-100М	Т-100МГП	Т-100М	Т-4П	ДТ-75Б	ДТ-55А
Навеска	Передняя		Задняя				Передняя		
Ширина захвата, мм	1800	2090	1200	1200	1380	1380	2580	2170	2300
Число зубьев	4	5	2	2	4	4	7	6	6
Расстояние между зубьями, мм	440	400	500	500	440	440	370	425	450
Высота отвала с зубьями, мм	1250	1350	—	—	1250	1250	1400	1300	1300
Максимальное заглубление рабочего органа, мм	400	640	730	700	400	400	400	500	350
Привод рабочего органа	Гидравлический			Канатный	Гидравли-	Канатный	Гидравлический		
Тип гидронасоса или лебедки	Гидронасос		Лебедка	ческий			Гидронасос		
	НШ-98	НШ-60	НШ-60	ДЗ-3	НШ-60	ДЗ-21	НШ-98	НШ-46	Гидро-привод УГ-1М
Число гидронасосов	1	2	2	—	2	—	1	1	1
Рабочее давление в гидро-системе, МПа	9,81	9,81	9,81	—	9,81	—	9,81	9,81	2,9
Производительность гидро-насоса, л/мин	150	75	75	—	75	—	150	60	200
Количество гидроцилиндров	2	4	3	—	2	—	2	4	2
Габаритные размеры с трактором, мм:									
длина	5800	7680	6350	6600	5610	5610	5120	5050	4980
ширина	2600	3900	2460	2460	3060	3000	2520	2752	2520
высота	3100	2270	3150	3600	3059	3059	2540	2300	2300
Масса, кг:									
с трактором	16 100	17 600	13 100	14 170	13 280	13 400	11 300	9820	8040
без трактора	4600	3250	2000	2170	1280	2000	2050	2300	1175

Табл. 9.4. Техническая характеристика рыхлителей

Показатели	Марка				
	ДП-9С (Д-652АС)	ДП-22С	ДП-16С (Д-711С)	ДП-5С (Д-515С)	ДП-18 (Д-723)
Базовый тягач	ДЭТ-250М	Т-180КС	Т-180С	Т-100МГП	Т-4П
Тип навески рабочего органа	Четырехточечная		Трехточечная		
Тип рамы рабочего органа	Внутренняя		Охватывающая		
Число зубьев	3	3	3	3	5
Шаг зубьев, мм	1020	800	740	700	425
Максимальное опускание зубьев ниже опорной поверхности, мм	700	500	700	400	400
Тип гидронасосов	Аксиально-поршневой	НШ-46	НШ-46	НШ-60	НШ-98
Число гидронасосов	1	3	3	2	1
Производительность насоса, л/мин	400	75	75	75	150
Количество гидроцилиндров	2	2	2	2	2
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	7,36	8,92	8,92	9,81	9,81
Габаритные размеры, мм:					
длина	8655*	8350*	7960*	5070	5860*
ширина	4540	3640	3640	2460	2500
высота	3180	2825	2850	3040	2570
Масса, кг:					
с трактором	37 623*	22 125*	22 068*	13 435	11 430*
без трактора	5923	3100	2350	1435	1250

Примечание. Значения, отмеченные звездочкой, относятся к бульдозерам, имеющим навесное оборудование.

Табл. 9.5. Эксплуатационная характеристика рыхлителей

Показатели	Марка			
	ДП-9С	ДП-22С	ДП-16С	ДП-18
Обслуживающий персонал	Тракторист			
Рабочая скорость, км/ч	2,3...3,5	2,74...4,85	2,36...3,78	3,89
Максимальная глубина рыхления, мм	700	500	400	400
Средняя производительность в смену при работе в грун- тах IV категории, га	12...15	10...12	5...7	3...4
Средний расход дизельного топлива в смену, кг	324,7	191,6	109	96,5
Ориентировочная стоимость машино-смены, руб.	102	57	31	29
Срок службы, лет	7	7	6	6
Межремонтный цикл, ч	7200	6000	6000	6000
Прейскурантная цена, руб.	58 300*	25 700	29 200*	5870

П р и м е ч а н и е. Значения, отмеченные звездочкой, относятся к бульдозерам, имеющим навесное оборудование.

## 9.2. Бульдозеры

**Общие сведения.** Бульдозеры предназначены для послойного среза и перемещения грунта на расстояния до 50...100 м. Их применяют для разработки песчано-гравийных карьеров, выемок, возведения насыпей из боковых резервов, на планировочных работах, для очистки дорог от снега, валки деревьев и корчевки пней при подготовке трассы и строительных площадок, подталкивания скреперов при загрузке и др.

Бульдозер является навесным оборудованием к гусеничным тракторам и пневмоколесным тягачам. По назначению различают бульдозеры общего назначения и специальные. Первые предназначены для землеройно-планировочных и других строительных работ, вторые — для узкоспециализированных работ (перемещение различных материалов в стесненных условиях или перемещение материалов определенного вида и т. д.).

Бульдозеры классифицируются по системе управления отвалом — с механическим (канатно-блочным) и гидравлическим; по способу установки отвала — с неповоротным (неуниверсальные) и поворотным (универсальные); по мощности силовой установки и номинальному тяговому усилию. По номинальному тяговому усилию и мощности двигателя бульдозеры разделяются:

тип	тяговое усилие, кН	мощность двигателя, кВт
сверхтяжелые	300	220
тяжелые	200...300	110...220
средние	140...200	55...110
легкие	30...140	25...55
малогабаритные	30	25

Гидравлическое управление повышает качество планировочных работ, позволяет производить принудительное заглубление отвала в грунт, что особенно важно при работе на тяжелых грунтах.

Бульдозеры с поворотным отвалом обеспечивают установку последнего под углом как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях, что дает возможность перемещать грунт не только вперед, но и в стороны (при засыпке траншей, планировке площадей и дорожního полотна и др.). Техническая и эксплуатационная характеристики бульдозеров приведены в табл. 9.6...9.8.

Бульдозерное оборудование состоит из рабочего органа (отвала), толкающего устройства и системы управления отвалом. Отвал выполняется сварным, криволинейного сечения, на нижней его части крепятся съемные ножи. Посредством толкающего устройства отвал соединяется с базовым тягачом (рис. 9.4).

За главный параметр бульдозеров принимается номинальное тяговое усилие трактора или тягача:  $T = G \varphi_{сц}$  кН, где  $G$  — сила тяжести бульдозера, кН;  $\varphi_{сц}$  — коэффициент сцепления:  $\varphi_{сц} = 0,9$  — для гусеничных и  $0,6$  — для колесных.

Основными параметрами являются:

- 1) эксплуатационный вес бульдозера;

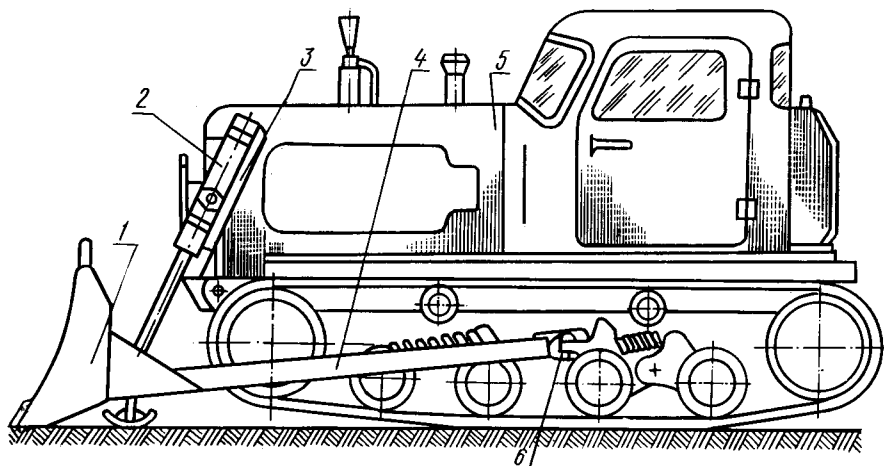


Рис. 9.4. Бульдозер ДЗ-42 (Д-606):

1 — отвал; 2 — гидроцилиндр; 3 — трубопровод; 4 — толкающий брус; 5 — трактор; 6 — поперечная балка

Табл. 9.6. Технические характеристики

Показатели	Марка						
	ДЗ-71 (Д-740)	ДЗ-37 (Д-579)	ДЗ-4 (Д-159Б)	ДЗ-29 (Д-53Б)	ДЗ-42 (Д-606)	ДЗ-62 (Д-712)	ДЗ-52 (Д-68Б)
Тип бульдозера	Неповоротный						
Базовый трактор или тягач	Т-50АП	МТЗ-52	ДТ-54А	Т-74	ДТ-75	ДТ-75	Т-4П
Длина отвала, мм	2000	2000	2280	2520	2560	2550	2940
Высота отвала, мм	620	650	810	800	800	800	936
То же с козырьком, мм	—	850	—	950	950	—	1100
Максимальный подъем отвала, мм	600	500	450	600	600	600	750
Максимальное опускание отвала, мм	200	200	150	200	200	200	450
Угол резания, град	55	60	60	55	55	55	48...64
Угол установки отвала, град:							
в плане	90	90	90	90	90	90	90
в поперечной плоскости	—	—	—	—	—	—	±8
Скорость подъема отвала, м/с	0,39	0,4	0,2	0,25	0,25	0,28	0,3
Привод рабочего органа	Гидросистема трактора		Гидропривод		Гидросистема		
Тип гидронасоса	НШ-46	НШ-32	УГ-1М	НШ-46	НШ-46	НШ-98	НШ-98
Число гидронасосов	1	1	1	1	1	1	1
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	9,81	12,75	12,75	9,81	9,81	9,81	9,81
Габаритные размеры с трактором, мм:							
длина	4000	4670	4335	4510	4650	4500	4900
ширина	2000	2000	2280	2520	2560	2560	2940
высота	2500	2485	2300	2300	2304	2500	2600
Масса, кг:							
без трактора	280	450	840	850	1070	1100	1380
с трактором	3152	3300	6300	6370	7000	8100	10 180

- 2) скорости рабочего и холостого (обратного) хода;  
 3) среднее удельное давление на грунт ходовой части;  
 4) удельное горизонтальное усилие на режущей кромке ножа  $p_r$ :

$$p_r = \frac{T}{B},$$

где  $B$  — ширина отвала;

- 5) вертикальное давление на режущей кромке ножа  $p_v$ :

$$p_v = \frac{P_{\max}}{F},$$

где  $P_{\max}$  — наиболее возможное вертикальное усилие на режущей кромке ножа отвала, определяется по условиям опрокидывания базовой машины относительно задних опорных поверхностей гусениц или задних колес.

Значения  $p_r$  и  $p_v$  для различных категорий грунтов:

параметры	категория грунта			
	I	II	III	IV
$p_r$ , Н/см	до 150	200...300	400...450	600
$p_v$ , Н/см <sup>2</sup>	до 100	120...200	250...350	350

### бульдозеров с гидравлическим приводом

бульдозера									
ДЗ-54С (Д-687С)	ДЗ-27С (Д-532С)	ДЗ-24 (Д-521)	ДЗ-35С (Д-575А)	ДЗ-48 (Д-661)	ДЗ-34С (Д-572С)	ДЗ-43 (Д-607)	ДЗ-55 (Д-689)	ДЗ-18 (Д-493А)	ДЗ-25 (Д-522)
Поворотный									
Т-100МГП	Т-130	Т-180ГП	Т-180ГП	К-702	ДЭТ-250М	ДТ-75Б	Т-4П	Т-100МГП	Т-180ГП
3200	3200	3350	3640	3600	4540	3500	3700	3970	4430
1200	1300	1100	1230	1200	1550	800	825	1000	1200
—	—	—	1480	—	—	950	—	—	—
850	900	900	1100	1100	840	600	800	1050	900
370	500	380	600	475	400	200	600	250	300
55	50...60	45...55	55	50...60	50...60	55	45...65	50...60	55
90	90	90	90	90	90	63 и 90	53...96	63 и 90	60...90
±4	±4	—	±8	±4	±4	±5	±6	±5	±5
0,4	0,4	0,4	0,25	0,3	0,3	0,25	0,35	0,4	0,4
трактора									
НШ-60	НШ-98	НШ-46	НШ-46	НШ-98	Аксальный плунжерный	НШ-98	НШ-98	НШ-60	НШ-46
1	1	3	3	1	1	1	1	1	1
9,81	9,81	9,81	8,83	10,79	7,36	9,81	9,81	9,81	9,81
5300	5400	6590	6500	7500	7040	5100	5130	5500	7000
3200	3200	3920	3640	3600	4540	3490	3700	3970	4430
3040	3065	2820	2825	3590	3180	2350	2567	3040	2825
1780	1910	2980	3200	3100	3980	1900	1500	1860	3960
13 780	15 710	17 970	18 200	18 100	31 380	8900	10 500	13 860	19 320

Табл. 9.7. Технические характеристики бульдозеров с канатным приводом

Показатели	Марка бульдозера			
	ДЗ-53 (Д-686)	ДЗ-17 (Д-492А)	ДЗ-9Б (Д-275Б)	ДЗ-24А (Д-521А)
Тип бульдозера	Неповорот- ный	Поворотный	Неповоротный	
Базовый трактор или тягач	T-100М	T-100М	T-180	T-180
Длина отвала, мм	3200	3970	3350	3640
Высота отвала, мм	1200	1050	1380	1480
Угол резания, град	50...60	50...60	50...60	55
Угол установки отвала, град:				
в плане	90	63 и 90	90	90
в вертикальной плоскости	±4	±5	±4	±4
Скорость подъема отвала, м/с	0,4	0,5	0,4	0,4
Тип лебедки	ДЗ-21А (Д-499Б)	ДЗ-7А (Д-269Б)	ДЗ-21А (Д-499Б)	ДЗ-21А (Д-499Б)
Габаритные размеры с трактором, мм:				
длина	5300	5500	6705	6660
ширина	3200	3970	3350	3690
высота	3040	3040	2800	2825
Масса, кг:				
без трактора	2130	2215	2855	3255
с трактором	14 113	14 015	18 865	18 255
Максимальный подъем отвала, мм	900	1100	1400	1200
Максимальное опускание отвала, мм	1000	1000	1000	1000

Производительность бульдозера при резании и перемещении грунта определяется по формуле

$$П = \frac{3600qk_B}{T_{ц}} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $q$  — объем грунта в призме волочения:

$$q = \frac{la^2k_n}{2 \operatorname{tg} \varphi_1 k_p},$$

$l$  — длина отвала, м;  $a$  — высота отвала, м;  $k_n$  — коэффициент, учитывающий потери грунта и зависящий от длины перемещения:  $k_n = 1...0,005 L$ ;  $\varphi_1$  — угол естественного откоса грунта;  $k_p$  — коэффициент разрыхления грунта:  $k_p = 1,1...1,35$ ;  $k_B$  — коэффициент использования бульдозера по времени:  $k_B = 0,8...0,9$ ;  $T_{ц}$  — длительность цикла, с:

$$T_{ц} = \frac{l_p}{v_p} + \frac{l_n}{v_n} + \frac{l_o}{v_o} + t_c + t_o,$$

$l_p, l_n, l_o$  — длина пути резания, перемещения грунта и обратного хода, м;  $v_p, v_n, v_o$  — соответствующие им скорости, м/с;  $t_c$  — время,

Табл. 9.8. Эксплуатационная характеристика бульдозеров

Показатели	Марка бульдозера										
	ДЗ-71	ДЗ-37	ДЗ-4	ДЗ-29	ДЗ-62, ДЗ-43	ДЗ-52, ДЗ-55	ДЗ-54С, ДЗ-18, ДЗ-53	ДЗ-27С	ДЗ-25, ДЗ-24, ДЗ-3С, ДЗ-9Б, ДЗ-24А	ДЗ-48	ДЗ-34С
Базовый трактор	Т-50АП	МТЗ-52	ДТ-54А	Т-74	ДТ-75, ДТ-75Б	Т-4П	Т-100МГП, Т-130	Т-180, Т-180Г	К-702	ДЭТ-250	
Рабочая скорость, км/ч	3,23	1,55...2,63	3,59	2,42...3,04	2,14...3,22	2,89	2,36...3,78	3,22	2,74	2,5...3,5	2,3...3,5
Средний расход дизельного топлива в смену, кг	68,5	69,4	68,2	94,7	94,7	96,5	109,0	134,2	191,6	214,4	324,7
Ориентировочная стоимость машино-смены, руб.	24	26	26	28	28	30	35	38	56	56	57
Срок службы, лет	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7
Межремонтный цикл, ч	4800	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	7200
Прейскурантная цена, руб.	—	3210	3270	3360	4430	7000	7530	8600	24 800	35 000	48 600
					4850	8500	6740		2240		
					5000		5850		29 200*		
									20 254		
									20 800		

Примечание. Значения, отмеченные звездочкой, относятся к бульдозерам с рыхлителем.



затрачиваемое на переключение передачи, с:  $t_c = 3...5$ ;  $t_0$  — время на опускание отвала, с:  $t_0 = 2...3$ .

**Тяговый расчет бульдозера.** За расчетное положение принимается момент окончания набора грунта перед отвалом. Сила тяги, необходимая для работы бульдозера, и мощность двигателя определяют по сумме сопротивлений, преодолеваемых бульдозером:

а) сопротивление грунта резанию

$$W_1 = KBh \text{ кН},$$

где  $K$  — удельное сопротивление грунта резанию, зависящее от категории грунта,  $\text{кН/м}^2$ :  $K = 70...170$ ;  $B$  — ширина резания, м;  $h$  — глубина резания, м;

б) сопротивление волочению призмы грунта впереди отвала

$$W_2 = G_{\text{гр}}\mu_2 \text{ кН},$$

где  $\mu_2$  — коэффициент трения грунта по грунту, равный для связных грунтов 0,5; для несвязных — 0,7...1,0;  $G_{\text{гр}}$  — вес призмы волочения грунта, кН:

$$G_{\text{гр}} = \frac{a^2 l \gamma_{\text{гр}} g}{2 \operatorname{tg} \varphi_1} \text{ Н},$$

$\gamma_{\text{гр}}$  — объемная масса грунта,  $\text{кг/м}^3$ ;  $g$  — ускорение земного притяжения,  $\text{м/с}^2$ :  $g = 9,81$ ;  $\varphi_1$  — угол естественного откоса грунта, рад:  $\varphi_1 = 0,5...0,7$ ;

в) сопротивление трения грунта по отвалу

$$W_3 = G_{\text{гр}}\mu_1 \cos^2 \delta \text{ кН},$$

где  $\mu_1$  — коэффициент трения грунта о сталь, равный 0,36...0,46 для несвязных грунтов и 0,47...0,70 — для связных;  $\delta$  — угол резания ножа отвала;

г) сопротивление движению трактора как повозки

$$W_4 = G_{\text{т}}(f_0 \pm i) \text{ кН},$$

где  $G_{\text{т}}$  — сила тяжести базовой машины с бульдозерным оборудованием, кН;  $f_0$  — коэффициент сопротивления качению:  $f_0 = 0,1...0,2$ ;  $i$  — уклон местности.

Потребная мощность двигателя базовой машины

$$N = \frac{\sum Wv}{\eta} \text{ кВт},$$

где  $v$  — скорость движения бульдозера;  $\eta$  — механический КПД базовой машины:  $\eta = 0,75...0,9$ .

При тяговом расчете бульдозера с поворотным отвалом необходимо учитывать влияние угла поворота отвала в плане.

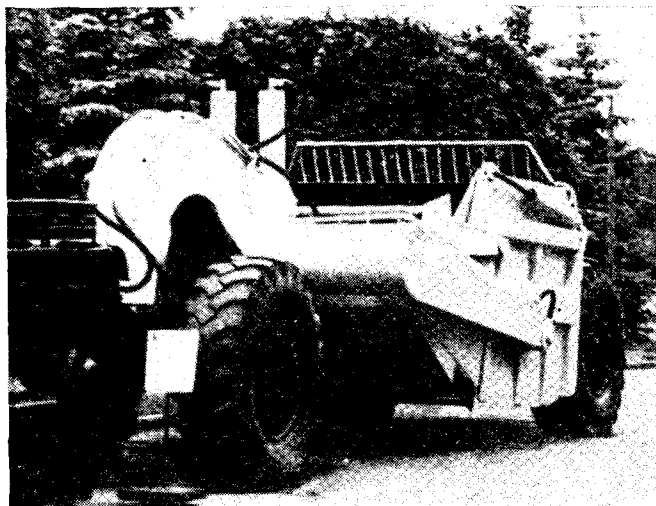
### 9.3. Скреперы

**Общие сведения.** Скреперы предназначены для послойного среза грунта с набором в ковш, перемещения его и послойной отсыпки при возведении насыпей, разработки выемок, а также для

различных планировочных и других видов земляных работ. Их принято классифицировать по следующим основным признакам.

По емкости ковша: малой — до 3 м<sup>3</sup>, средней от 3 до 10 м<sup>3</sup> и большой емкости — свыше 10 м<sup>3</sup>.

По способу передвижения: прицепные к гусеничным или колесным тракторам и тягачам; полуприцепные, обычно одноосные; самоходные колесные или гусеничные, у которых тягач и скрепер представляет единую машину и использовать тягач без скре-



*Рис. 9.5. Прицепной скрепер ДЗ-23 (Д-511)*

пера невозможно; самоходные скреперные поезда, состоящие из двух или более скреперных агрегатов.

По способу загрузки ковша: от силы тяги базового трактора или тягача; с механизированной (элеваторной) загрузкой.

По способу разгрузки грунта из ковша: со свободной (самосвальной) вперед или назад; с полупринудительной и принудительной.

По системе управления: с механическим канатно-блочным управлением и гидравлическим. Гидравлическая система управления обеспечивает принудительное заглубление ножа в грунт.

Технические и эксплуатационные характеристики скреперов приведены в табл. 9.9 и 9.10.

Прицепные скреперы (рис. 9.5) применяют с гусеничными тракторами для работы в условиях переменного рельефа местности при перемещении грунта по бездорожью на расстояние до 0,2 км (скреперами малой емкости) и до 0,5 км (скреперами средней и большой емкости). В зависимости от рельефа местности и наличия дорог прицепные скреперы используются с быстроходными колесными тягачами и тракторами.

Самоходные скреперы получили большое распространение благодаря высоким транспортным скоростям и хорошей маневренности, их производительность в 2...3 раза выше по сравнению с прицепными к гусеничным тракторам. Применяются для перемещения грунта на расстояние до 5 км и больше.

Самоходный скрепер (рис. 9.6) представляет собой колесный тягач и одноосное полуприцепное скреперное оборудование, соединяемое с тягачом с помощью седельно-сцепного устройства. Полу-

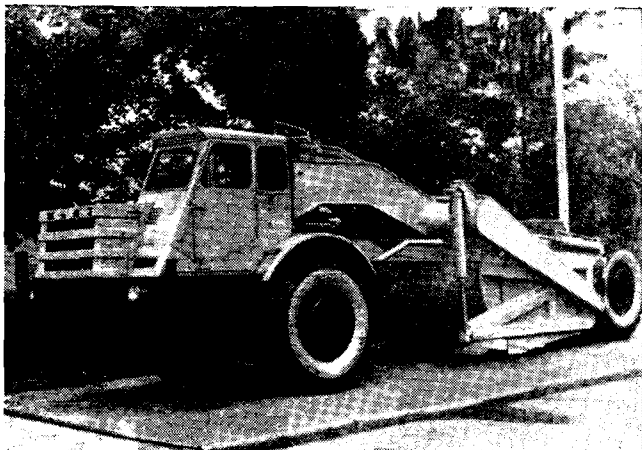


Рис. 9.6. Самоходный скрепер ДЗ-11П (Д-357П)

прицепное скреперное оборудование состоит из рамы, ковша с нижними и боковыми ножами, заслонки и задней стенки ковша, задней оси и двух колес с шинами и гидросистемы управления рабочими органами.

Основными параметрами скрепера являются: мощность двигателя, вес машины, ее габаритные размеры, максимальная толщина срезаемого слоя грунта, рабочие и транспортные скорости, база и колея машины, распределение веса по осям скрепера и др. В качестве главного параметра принимается геометрическая емкость ковша.

Определение основных параметров ковша ведется по методике К. А. Артемьева. Экспериментальным путем для супесей и суглинков им установлена зависимость между емкостью ковша  $q$ , приходящейся на 1 м его ширины  $B$  и высотой наполнения ковша  $H$  при высоте задней стенки  $H_3 = 0,45 H$   $q_1 = 0,54 + 0,48 \cdot H + H^2$  м<sup>3</sup>/1 м ширины ковша.

Ширина ковша  $B = mH$ . Соотношения  $m$  между шириной и высотой наполнения рекомендуется принимать в зависимости от заданной емкости ковша  $q$ :

емкость ковша $q$ , м <sup>3</sup>	3	6	10	15
соотношение $m$	1,7	1,9	2,2	2,5

Табл. 9.9. Техническая характеристика скреперов

Показатели	Марка									
	ДЗ-13 (Д-392)	ДЗ-23 (Д-511)	ДЗ-46 (Д-612)	ДЗ-77С	ДЗ-74 (Д-374Б)	ДЗ-20 (Д-498)	ДЗ-49 (Д-670)	ДЗ-57 (Д-697)	ДЗ-33 (Д-569)	
Емкость ковша, м³: геометрическая с «шапкой»	15	15	10	8	8	7	5	4,5	3	
Тип скрепера	18	18	12	10	10	9	6	5,5	3,5	Прицепной
Марка базового тягача	Прицепной									
Способ загрузки ковша тягача	Полуприцепной									
Способ разгрузки ковша	Силой тяги тягача									
Ширина захвата, мм	2850	2850	2650	2650	2650	2650	2460	2430	2100	ДТ-75 Элеваторный
Максимальная глубина резания, мм	350	350	200	180	300	300	150	270	200	Силой тяги Прицепной
Тип привода	Принудительный									
Тип гидронасоса или лебедки	НШ-98	Аккумуляторно-поршневой	НШ-60	НШ-98	НШ-98	НШ-60	НШ-98	НШ-46 и НШ-98	НШ-46	Гидравлический
Число гидроцилиндров или канатов	3	6	5	4	4	5	3	5	3	
Число осей/колёс: передних задних	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	
Колея колес, мм: передних задних	—	2200	1830	1510	—	1650	2000	1300	1000	
База колес, мм: длина с тягачом	2480	2300	2000	2090	2120	2050	2000	2000	1700	
Длина без тягача	8200	7335	6300	5860	5450	5510	4400	4530	4000	
Высота	12 800	17 700	13 915	13 660	12 600	12 800	11 100	11 465	10 400	
Ширина	—	11 380	9660	9330	7365	8550	7100	7390	6700	
Масса, кг: без тягача с тягачом	3600	3190	3050	2930	3100	2560	2463	2200	1975	
	3400	3400	3165	3115	3200	3138	2670	2908	2478	
	—	16 500	11 800	10 500	8900	6700	4990	4425	2748	
	31 500	41 500	22 900	22 000	21 200	17 800	10 940	12 600	8243	

Табл. 9.10. Эксплуатационная характеристика скреперов

Показатели	Марка							
	ДЗ-13	ДЗ-23	ДЗ-20 ДЗ-12 ДЗ-46	ДЗ-77С	ДЗ-74	ДЗ-49	ДЗ-57	ДЗ-33
Обслуживающий персонал					Тракторист			
Скорость движения, км/ч:								
при загрузке	2,5...3,5	2,3...2,5	2,36	3,22	2,5	4,06...4,53	2,89	2,42...3,04
груженого	7...9	4,5...8,0	4,51	4,46...5,32	4...6	7,0...7,80	4...6	3,65...4,49
при разгрузке	6,5...8,5	4...9	3,78	3,84...4,46	4,5...5,0	5,6...6,23	4,5...5,5	4,5...5,45
порожного	11...15	8,5...12,5	6,45	6,48...7,75	8...12	8,67...10,7	9,74	6,69...9,35
Максимальная толщина слоя отсыпки, м	0,6	0,55	0,4	0,45	0,45	0,3	0,3	0,3
Средний расход дизельного топлива в смену, кг	399,6	324,7	109,0	134,2	214,4	94,7	96,5	94,7
Ориентировочная стоимость машино-смены, руб.	132	112	37	39	39	33	35	33
Срок службы, лет	7	7	7	7	7	6	6	6
Межремонтный цикл, ч	7200	7200	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Прейскурантная цена, руб.	66 900	51 400	10 490	10 500	—	—	—	4300
			8620					
			10 000					

При  $B = mH$   $q_1 B = m(0,54 \cdot H + 0,48 \cdot H^2 + H^3)$  м<sup>3</sup>, т. е.  $H^3 + 0,48 \cdot H^2 + 0,45 \cdot H - q/m = 0$ .

Для решения полного кубического уравнения рекомендуется пользоваться таблицами Б. М. Шумягского.

$$H = \frac{2,11 + 27 \cdot C}{12,5} Z_1 - 0,16 \text{ м}; \quad A = \frac{72,5}{(2,11 + 27C)},$$

где  $C = \frac{q}{m}$ .

По найденной высоте наполнения ковша  $H$  определяют все основные размеры ковша.

В табл. 9.12 приводятся формулы для определения расчетной высоты наполнения  $H$  для разных соотношений между высотой задней стенки  $H_3$  и высотой наполнения  $H$ .

Табл. 9.12. Расчетные уравнения для определения высоты наполнения  $H$  по заданной емкости ковша  $q$  для супеси и легкого суглинка при различном соотношении  $\frac{H_3}{H}$

$\frac{H_3}{H}$	$C$	$A$	$H$
0,45	$\frac{q}{m}$	$\frac{72,5}{(2,11 + 27C)^2}$	$\frac{2,11 + 27C}{12,5} Z_1 - 0,16$
0,5	$\frac{q}{1,64m}$	$\frac{1600}{(19,68 - 27C)^2}$	$\frac{27C - 19,68}{35,1} Z_1 + 0,47$
0,6	$\frac{q}{1,07m}$	$\frac{1492}{(4,06 - 27C)^2}$	$\frac{27C - 4,06}{34,23} Z_1 + 0,12$
0,7	$\frac{q}{1,49m}$	$\frac{1840}{(22,94 - 27C)^2}$	$\frac{27C - 22,94}{36,80} Z_1 + 0,52$
0,8	$\frac{q}{0,84m}$	$\frac{812}{(0,75 - 27C)^2}$	$\frac{27C - 0,75}{28} Z_1 + 0,03$
0,9	$\frac{q}{0,91m}$	$\frac{2350}{(13,78 - 27C)^2}$	$\frac{27C - 13,78}{39,9} Z_1 + 0,34$

**Тяговый расчет скрепера.** За расчетное положение принимается момент окончания наполнения ковша скрепера грунтом. Основными сопротивлениями являются:

а) сопротивление грунта резанию

$$W_p = Kbh H,$$

где  $K$  — удельное сопротивление грунта резанию, Н/м<sup>2</sup>, имеет следующие значения:

несвязные и слабосвязные грунты (пески, супеси)	50 000...70 000
связные грунты (суглинки)	70 000...100 000
высокосвязные грунты (тяжелые суглинки, глины)	100 000...150 000

$b$  — ширина срезаемого слоя, м;  $h$  — толщина срезаемой стружки грунта, м. При назначении величины  $h$  можно руководствоваться следующими данными:

$q, \text{ м}^3$	6	10	15
$h, \text{ см:}$			
для суглинка	4...6	8...10	12...14
для супеси	6...8	10...12	14...16

б) сопротивление перемещению груженого скрепера

$$W_{\text{гр.с}} = (G_c + G_r) (f \pm i) H,$$

где  $G_c$  — сила тяжести скрепера, Н;  $G_r$  — сила тяжести грунта в ковше, Н;  $f$  — коэффициент сопротивления передвижению (0,1...0,25);  $i$  — уклон местности.

$$G_r = q k_n \gamma g H,$$

где  $q$  — геометрическая емкость ковша,  $\text{м}^3$ ;  $k_n$  — коэффициент наполнения ковша грунтом (табл. 9.13);  $\gamma$  — объемная масса грунта,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $g$  — ускорение земного притяжения;

Табл. 9.13. Значение коэффициента наполнения ковша скрепера  $k_n$  для различных грунтов

Грунт	Без толкача	С толкачом
Сухой рыхлый песок	0,5...0,7	0,8...1,0
Супесь и средний суглинок	0,8...0,9	1,0...1,2
Тяжелый суглинок и глина	0,6...0,8	0,9...1,2

в) сопротивление наполнению  $W_n$  складывается из сопротивления силы тяжести грунта  $W'_n$ , поступающего в ковш, и сопротивления трению грунта в ковше  $W''_n$ :

$$W'_n = bhHg\gamma H,$$

где  $H$  — высота наполнения ковша, м.

Ориентировочные значения  $H$ :

емкость ковша, $\text{м}^3$	<3	6	•10	15
высота наполнения ковша $H, \text{ м}$	1,00...1,13	1,25...1,5	1,8...2,0	2,3

$$W''_n = xbH^2g\gamma H,$$

где  $x = \frac{\text{tg } \varphi_2}{1 + \text{tg}^2 \varphi_2} = \frac{\sin \varphi_2}{2}$  — коэффициент, учитывающий действие сил трения в процессе движения грунта внутри ковша;  $\varphi_2$  — угол внутреннего трения грунта.

Значения  $\varphi_2$  и  $x$  для различных грунтов приведены в табл. 9.14;

г) сопротивление перемещению призмы волочения

$$W_n = ybH^2\gamma g\mu_2 H,$$

Табл. 9.14. Значения  $\varphi_2$  и  $\alpha$  для различных грунтов

Грунт	Угол внутреннего трения $\varphi_2$ , град	$\alpha$
Песок	35...45	0,46...0,50
Суглинок	24...30	0,37...0,44
Глина	14...19	0,24...0,31

где  $y$  — коэффициент объема призмы волочения перед заслонкой и ножами ковша:  $y=0,5...0,7$ , наибольшее значение относится к сыпучим грунтам;  $\mu_2$  — коэффициент трения грунта о грунт:  $\mu_2=0,7...1,2$ ;

д) потребная мощность двигателя трактора тягача для работы с прицепным скрепером

$$N_T = \frac{[\Sigma W + G_T(f_0 + i)] v}{10^4 \eta} \text{ кВт},$$

где  $G$  — сила тяжести трактора, Н;  $v$  — скорость трактора, м/с;  $\eta$  — КПД силовой передачи трактора:  $\eta=0,7...0,75$ ;  $f_0$  — коэффициент сопротивления качению:  $f_0=0,1...0,25$ ;  $i$  — уклон пути;

е) мощность двигателя самоходного скрепера

$$N_c = \frac{\Sigma W v}{10^4 \eta} \text{ кВт};$$

ж) производительность скрепера

$$П = \frac{q k_H k_B}{t_{ц} k_p} \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $q$  — геометрическая емкость ковша,  $\text{м}^3$ ;  $k_B$  — коэффициент использования машины по времени:  $k_B=0,8...0,85$ ;  $t_{ц}$  — продолжительность цикла, с:

$$t_{ц} = \frac{L_H}{v_H} + \frac{L_T}{v_T} + \frac{L_P}{v_P} + \frac{L_X}{v_X} + n t_c + 2 t_0,$$

$L_H$  — длина набора грунта, м;  $L_T$  — путь скрепера с грузом, м;  $L_P$  — путь разгрузки грунта, м;  $L_X$  — длина холостого хода, м;  $v_H, v_T, v_P, v_X$  — скорости движения скрепера при соответствующих режимах работы, м/с;  $n$  — число переключений за время цикла;  $t_c$  — время, необходимое для переключения передач, с:  $t_c=4...6$ ;  $t_0$  — время на разворот скрепера, с:  $t_0=30...60$ .

#### 9.4. Грейдеры и автогрейдеры

**Общие сведения.** Грейдеры и автогрейдеры применяют для профилирования дорожного полотна, возведения невысоких насыпей (до 1,2 м), устройства корыт и боковых канав, планировки земляного полотна и откосов насыпей и выемок, перемешивания гравийных материалов со стабилизирующими добавками, а также для ремонта и содержания дорог, в зимнее время их используют для очистки дорог от снега.



Прицепные грейдеры выпускаются двух типов: легкие — для работы с тракторами тягового класса 30...40 кН и тяжелые — для работы с тракторами тягового класса 100...120 кН. По типу управления рабочим органом они могут быть с ручным, механическим или гидравлическим управлением, а по типу ходовых колес — на металлических и на колесах с резиновыми шинами.

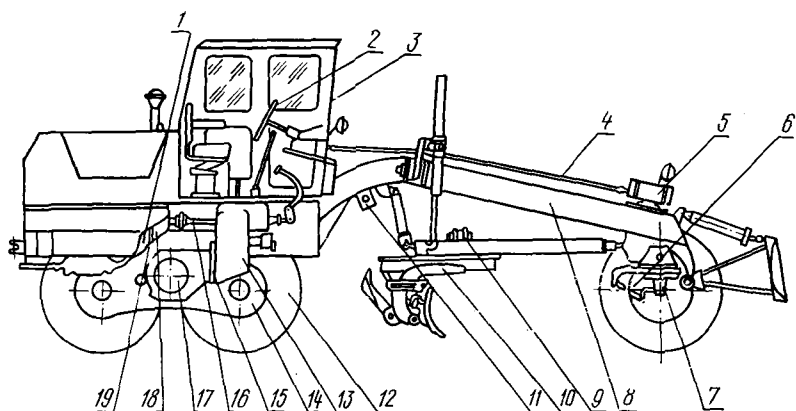


Рис. 9.7. Автогрейдер:

1 — двигатель; 2 — рулевое колесо; 3 — кабина; 4 — карданная передача; 5 — рулевой механизм с гидроусилителем; 6 — механизм поворота колес; 7 — передняя ось; 8 — основная рама; 9 — автомат «Профиль-1»; 10 — основной рабочий орган; 11 — электрогидравлический распределитель; 12 — ходовое колесо; 13 — коробка передач; 14 — балансиры; 15, 16 — соединительные валы; 17 — задний мост; 18 — муфта сцепления; 19 — отбор мощности

Главными узлами прицепных грейдеров являются рабочее и ходовое оборудование, механизмы управления, основная и тяговая рама, дышло.

Автогрейдеры — это самоходные машины с однодвигательным приводом, состоящие из основной рамы, которая является несущей частью, тяговой рамы, предназначенной для крепления на ней основного рабочего органа — отвала и механизма его привода, двигателя, трансмиссии, предназначенной для передачи мощности от двигателя, а также для изменения величины и направления крутящего момента, передаваемого от двигателя к ведущим колесам; ходовой части; дополнительного рабочего оборудования, системы управления. Классифицируются они по их массе и мощности двигателя на легкие ( $m=7...9$  т;  $N=45...55$  кВт); средние ( $m=10...12$  т;  $N=65...75$  кВт); тяжелые ( $m=13...15$  т;  $N=120...130$  кВт); особо тяжелые ( $m=17...23$  т;  $N=270...320$  кВт). По ходовому оборудованию автогрейдеры различают в зависимости от колесной формулы  $A \times B \times B$ , где  $A$  — число осей с управляемыми колесами;  $B$  — число ведущих осей;  $B$  — общее число осей; по системе управления — с механическим, гидравлическим и комбинированным (пнеумоэлектрическим, механико-гидравлическим и т. п.) управлением.

Табл. 9.15. Техническая характеристика прицепных грейдеров

Показатели	Марка		
	ДЗ-53 (Д-700)	ДЗ-6 (Д-241)	ДЗ-1 (Д-20БМА)
Марка трактора-тягача	Т-100МП	Т-74	Т-100М
Длина отвала, мм	3616	3057	3616
Высота отвала (по хорде), мм	500	400	500
Углы установки отвала, град:			
поворота в плане	35...145	35...145	35...145
угол резания минимальный	28	28	28
угол резания максимальный	70	70	70
Система управления	Гидравлическая	Рычажная	
Глубина резания, мм	340	300	300
Максимальный подъем отвала, мм	300	300	300
Максимальный вынос отвала в сторону, мм:			
механизмом	300	450	460
перестановкой	540	300	540
Тип основных колес	Пневмошинные	Металлические	
Диаметр и ширина обода металлических колес, мм	—	900/200	900/200
Обозначение пневматических шин	9,0...20	—	—
Колея колес, мм:			
передних	1640	1010	1770
задних	2420	2090	2550
Угол наклона колес, град:			
передних	+20	—	+20
задних	+20	+20	+20
Угол поворота дышла в плане, град	+20	+20	+20
База, мм	5500	4400	5300
Габаритные размеры, мм:			
длина с трактором	12455	10 850	12 030
длина без трактора	8200	6625	7775
ширина	2800	2430	2850
высота	3000	2750	2750
Масса, кг	3400	2600	3800

Основными рабочими органами являются отвал с ножом и кирковщик. Может быть снабжен также сменным оборудованием: снегоочистителем, фрезой и т. п.

К вспомогательному оборудованию грейдера относятся удлинитель, который удлиняет отвал и служит для увеличения ширины захвата при выполнении планировочных работ; откосник, предназначенный для профилирования треугольных и трапецидальных боковых канав, и планировщик, предназначенный для планировки откосов насыпей и выемок при движении грейдера по бровке земляного полотна.

Техническая и эксплуатационная характеристики грейдеров и автогрейдеров приведены в табл. 9.15...9.18.

Конструктивная схема автогрейдера показана на рис. 9.7. Главный параметр автогрейдера — общая масса, основные — сцепной вес, мощность двигателя, колесная формула, рабочие и транспортные скорости движения, сила тяги, длина и высота отвала.

Табл. 9.16. Эксплуатационная характеристика грейдеров

Показатели	Марка		
	ДЗ-58 (Д-700)	ДЗ-6 (Д-241)	ДЗ-1 (Д-20БМА)
Обслуживающий персонал	Грейдерист и тракторист		
Скорость движения, км/ч:			
вперед	2,36...10,15	2,42...9,35	2,36...10,15
назад	—	—	—
Средняя производительность в смену при работе в средних по трудности разработках грунтах, м <sup>3</sup>	240...300	150	240...300
Число передач:			
вперед	5	9	5
назад	—	—	—
Средний расход дизельного топлива в смену, кг	109	94,7	109
Ориентировочная стоимость машиносмены, руб.	44	35	41
Срок службы, лет	7	7	7
Межремонтный цикл, ч	6000	6000	6000
Прейскурантная цена, руб.	—	820	1190

Общая сила тяжести автогрейдера определяется по формуле, предложенной В. М. Гольдштейном:

$$G = \frac{mFK_1}{\varphi_{сц}k_{сц}n},$$

где  $m$  — коэффициент, учитывающий неравномерность сечения стружки при последовательных проходах и возможное уменьшение сцепного веса из-за вертикальной реакции на ноже. Вес автогрейдера определяется для наиболее характерного режима работы — вырезания треугольной стружки при профилировании грунтовой дороги в нулевых отметках. Для этого режима работы  $m = 1,25...1,35$ ;  $F$  — площадь поперечного сечения (треугольного или трапецеидального) кювета, м<sup>2</sup>;  $K_1$  — удельное сопротивление грунтов резанию, кН/м<sup>2</sup>:  $K_1 = 200...300$ ;  $\varphi_{сц}$  — коэффициент сцепления, соответствующий максимальной тяговой мощности:  $\varphi_{сц} = 0,45...0,55$ ;  $k_{сц}$  — коэффициент сцепного веса автогрейдера, определяющий отношение сцепного веса к полному весу:  $k_{сц} = 1$  — для автогрейдеров со всеми ведущими колесами,  $k_{сц} = 0,70...0,75$  — для автогрейдеров с задними ведущими колесами;  $n$  — необходимое число проходов для полного вырезания профиля кювета.

Общая масса автогрейдера связана со сцепным весом следующим соотношением: для автогрейдеров со всеми ведущими колесами  $G_{сц} = G$ , для автогрейдеров с задними ведущими колесами  $G_{сц} = (0,70...0,75)G$ . В свою очередь сцепной вес автогрейдера определяет тяговое усилие на ведущих колесах  $T = G_{сц}\varphi_{сц}$ .

Длина отвала определяется из условия обеспечения вырезания из кювета стружки грунта и перемещения ее в сторону на такое расстояние, при котором исключалась бы возможность самопроиз-

Табл. 9.17. Техническая характеристика автогрейдеров

Показатели	Марка							
	ДЗ-40 (Д-598)	ДЗ-40А (Д-598А)	ДЗ-61А (Д-710А)	ДЗ-2 (Д-144А)	ДЗ-31А (Д-557А)	ДЗ-14, ДЗ-14С (Д-395А Д-395АС)	ДЗ-14В (Д-395В)	
Марка двигателя автогрейдера	СМД-14	Д-60Р	АМ-41	Д-108	Д-108	У1-Д16	В-30	
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	55 (75)	44 (60)	66 (90)	80 (108)	80 (108)	121 (165)	184 (250)	
Размеры отвала с ножом, мм:								
длина	3040	3040	3040	3700	3700	3700	4200	
высота (по хорде)	500	500	500	540	560	700	700	
Привод рабочих органов	Гидравлический						Гидравличе- ский	Гидравличе- ский
Колесная формула	1×2×3						1×2×3	1×3×3
Обозначение пневматических шин	12.00-20						14.00-20	16.00-24
Давление воздуха в шинах, МПа	0,30						0,30	0,25
Колеса передних задних	1850	1850	1850	2000	2000	2000	2250	
База колес, мм	1850	1850	1850	2000	2000	2250	2250	
Угол наклона передних колес, град	4700	4700	4700	5800	5800	6000	6100	
Радиус поворота, м	—	—	±15	23	±20	—	—	
Дорожный просвет, мм:	11	11	10...13	13...16	12	18	18	
нод задним мостом	400	400	450	280	280	480	500	
нод передним мостом	500	500	425	560	560	640	650	
под отвалом (в транспортном положении)	475	475	400	400	350	400	400	
Углы установки отвала, град:								
резания	30...70	30...70	30...70	35...80	30...70	30...80	25...90	
планировочный откосов	40...90	40...90	0...90	0...70	40...90	0...70	0...70	
Боковой вынос отвала, мм	700	700	700	700	800	800	800	
Опускание отвала ниже уровня колес, мм	250	250	200	200	250	500	500	
Габаритные размеры, мм:								
длина	6800	6800	7140	8200	8100	10250	10300	
ширина	2200	2200	2300	2460	2550	2710	2710	
высота	3030	3030	2950	3040	3430	3650	3650	
Масса автогрейдера, кг	7700	8600	8700	12700	12100	18270	18600	

Табл. 9.18. Эксплуатационная характеристика автогрейдеров

Показатели	Марка					
	ЦЗ-40 (Д-598)	ДЗ-40А (Д-598А)	ДЗ-61А (ДЗ-710А)	ДЗ-2 (Д-144А)	ДЗ-31А (Д-557А)	ДЗ-14 ДЗ-14С
Обслуживающий персонал						
Скорость движения, км/ч:						
вперед	2,62...30,4	2,78...26,85	2,7...31,2	3,44...28,03	3,45...30,2	3,5...30,0
назад	2,24...11,6	2,37...9,07	2,3...11,95	4,06...6,88	3,9...8,0	4,0...5,77
Средняя производительность в смену при работе в средних по трудности разработках	135...165	135...165	150...170	260...310	300...320	300...350
Число передач:						
вперед	6	6	6	8	8	6
назад	2	2	2	2	2	2
Средний расход дизельного топлива в смену, л	94,7	94,7	97,0	109	109	178,6
Ориентировочная стоимость машино-смены, руб.	29	29	31	34	35	68
Срок службы, лет	8	8	8	8	8	8
Межремонтный цикл, ч	6073	6000	6000	6000	6000	6000
Прейскурантная цена, руб.	6073	6156	7950	11300	11000	35000

Автогрейдерист

вольного ссыпания грунта назад в кювет. Высота отвала должна обеспечивать формирование валика грунта и перемещение его перед отвалом.

Практикой применения грейдеров и автогрейдеров установлены параметры отвалов, обеспечивающие выполнение указанных условий (табл. 9.19).

Табл. 9.19. Основные размеры отвалов

Тип автогрейдера	Примерная длина отвала, мм	Высота отвала, мм
Собо тяжелый	3600...4300	600...700
Тяжелый	3400...3700	500...600
Средний	3000...3400	500

Поперечное сечение отвала автогрейдера выполняется с постоянным радиусом кривизны, который определяется по формуле

$$R = \frac{H}{\cos \psi + \cos \gamma},$$

где  $\gamma$  — угол резания; принимается в зависимости от выполняемых операций (табл. 9.20);  $\psi$  — угол опрокидывания, рад:  $\psi = 1,137...1,225$ .

**Тяговый расчет.** При работе грейдера, автогрейдера по вырезанию и одновременному перемещению грунта возникают следующие сопротивления:

а) сопротивление грунта резанию

$$W_1 = F_c K_n,$$

где  $K$  — удельное сопротивление грунта резанию;  $F_c$  — площадь поперечного сечения стружки, м<sup>2</sup>:

$$F_c = \frac{bh}{2} \sin \alpha \text{ м}^2,$$

$b$  — длина режущей части ножа, м (можно принимать равной половине длины отвала);  $h$  — глубина резания, м (принимается в зависимости от рода (типа) грунта);  $\alpha$  — угол захвата ножа.

Значение углов установки ножа грейдера в зависимости от выполняемых операций приведено в табл. 9.20;

б) сопротивление перемещению грунта перед отвалом

$$W_2 = G_{гр} \mu_2 \sin \alpha H,$$

где  $\mu_2$  — коэффициент трения грунта по грунту;  $G_{гр}$  — сила тяжести призмы грунта перед ножом отвала, Н:

$$G_{гр} = \frac{B^2 H \gamma_r g}{2 \operatorname{tg} \varphi} \text{ Н},$$

$B$  — длина отвала с ножом, м;  $H$  — высота отвала с ножом, м;  $\gamma_r$  — объемная масса грунта, кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi$  — угол естественного откоса грунта;

Табл. 9.20. Наиболее целесообразные углы установки отвала грейдера

Операции, выполняемые грейдером	Глубина резания, мм	Углы установки, град		
		угол захвата, $\alpha$	угол наклона, $\beta$	угол резания, $\gamma$
Резание грунта:				
неразрыхленного, легкого и мало-связного	120	40...45	до 14	35
рыхленного рыхлителем	150	35...40	13	40
Перемещение грунта:				
легкого, сыпучего, сухого		35...40	до 17	40
тяжелого, связного, влажного		40...45	до 11	35...40
Отделка земляного полотна:				
планировка		45...55	до 17	40
разравнивание		55...60	2...3	45
разравнивание с уплотнением		70...85	2	60
срезка откосов	150	60...65	до 60	40
Перемешивание дорожных материалов:				
сухой смеси	200	35	3	45
грунта с вяжущими материалами	120	35...45	2	45
Очистка дороги от снега	250	40...50	1...3	50

в) сопротивление перемещению грунта вдоль отвала

$$W_3 = G_{\text{гр}} \mu_1 \mu_2 \cos \alpha H,$$

где  $\mu_1$  — коэффициент трения грунта о нож;  $\mu_1 = 0,4...0,6$ ;

г) сопротивление подъему грунта вверх по отвалу

$$W_4 = G_{\text{гр}} \mu_1 \cos^2 \gamma \cos \alpha H,$$

где  $\gamma$  — угол резания ножа;

д) сопротивление перемещению грейдера

$$W_5 = G (f_0 + i) H,$$

где  $G$  — сила тяжести грейдера (автогрейдера),  $H$ ;  $f_0$  — коэффициент сопротивления движению машины:  $f_0 = 0,1...0,15$ ;  $i$  — уклон пути.

Суммарное сопротивление грейдера (автогрейдера)

$$\Sigma W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5.$$

Необходимая мощность двигателя трактора-тягача для работы прицепного грейдера определяется по формуле

$$N_{\text{т}} = \frac{[\Sigma W + G_{\text{тр}} (f + i)] v}{10^4 \eta} \text{ кВт},$$

где  $G_{\text{тр}}$  — сила тяжести трактора,  $H$ ;  $v$  — скорость движения трактора, км/ч;  $\eta$  — КПД силовой передачи трактора:  $\eta = 0,75...0,85$ .

Потребная мощность двигателя для автогрейдера

$$N = \frac{\Sigma W v}{10^4 \eta} \text{ кВт},$$

где  $v$  — рабочая скорость автогрейдера км/ч;  $\eta$  — КПД силовой передачи автогрейдера:  $\eta = 0,75...0,85$ .

Для того чтобы автогрейдер при работе не буксовал, должно соблюдаться неравенство

$$\Sigma W \leq G_{\text{сц}} \varphi_{\text{сц}},$$

где  $G_{\text{сц}}$  — сцепной вес машины, т. е. масса машины, приходящаяся на ведущие колеса;  $\varphi_{\text{сц}}$  — коэффициент сцепления колеса с грунтом.

Производительность грейдеров (автогрейдеров) при профилировании дорожного полотна определяется по формуле

$$П = \frac{LFk_{\text{в}}}{2L \left( \frac{n_3}{v_3} + \frac{n_{\text{п}}}{v_{\text{п}}} + \frac{n_0}{v_0} \right) + 2t_{\text{п}}(n_3 + n_{\text{п}} + n_0)} \text{ м/с},$$

где  $L$  — длина обрабатываемого участка, м;  $F$  — площадь сечения насыпи,  $\text{м}^2$ ;  $k_{\text{в}}$  — коэффициент использования рабочего времени:  $k_{\text{в}} = 0,8 \dots 0,9$ ;  $n_3, n_{\text{п}}, n_0$  — число проходов грейдера при зарезании, перемещении грунта и отделочных работах;  $v_3, v_{\text{п}}, v_0$  — скорость движения при зарезании, перемещении грунта и отделочных работах, м/с;  $t_{\text{п}}$  — время, затрачиваемое на один поворот, с.

Число проходов по зарезанию

$$n_3 = \frac{Fk_{\text{п.з}}}{2S},$$

где  $k_{\text{п.з}}$  — коэффициент перекрытия проходов при зарезании:  $k_{\text{п.з}} = 1,7$ ;  $S$  — сечение стружки в плотном теле,  $\text{м}^2$ :  $S = 0,1 \dots 0,15$ .

Число проходов по перемещению грунта

$$n_{\text{п}} = n_3 \frac{l_0}{l_{\text{п}}} k_{\text{п.п}},$$

где  $l_0$  — среднее расстояние перемещения грунта, м;  $l_{\text{п}}$  — длина перемещения грунта за один проход, м; зависит от угла захвата:  $l_{\text{п}} \cong 1,6 \dots 3,1$ ;  $k_{\text{п.п}}$  — коэффициент перекрытия при перемещении грунта:  $k_{\text{п.п}} = 1,15$ . Опыт показывает, что наибольшего производственного эффекта можно достичь при длине  $L = 200 \dots 500$  м.

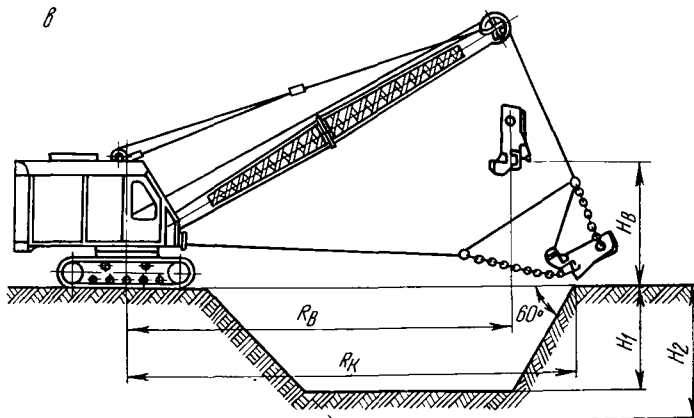
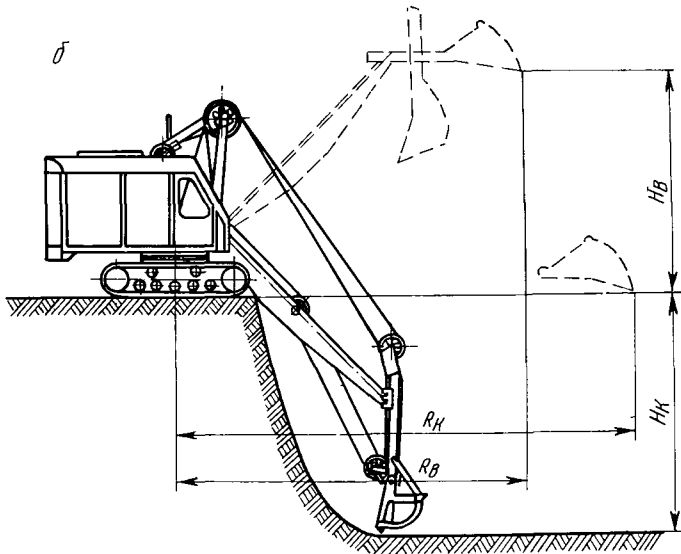
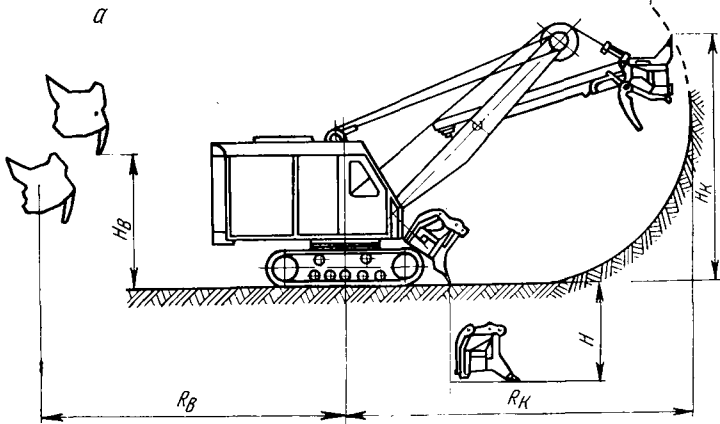
## 9.5. Одноковшовые экскаваторы

Одноковшовые экскаваторы — самоходные машины циклического действия, предназначаются для разработки грунтов и других пород с последующим перемещением их и выгрузкой в отвал или транспортное средство. Применяются в промышленном, гражданском, гидротехническом и транспортном строительстве. Классифицируются по следующим основным конструктивным признакам.

По рабочему оборудованию экскаваторы разделяются на универсальные — с несколькими видами сменного оборудования и неуниверсальные — с одним видом рабочего оборудования.

По роду привода рабочих органов — одномоторные — с двигателем внутреннего сгорания или электродвигателем и многомоторные: дизель-электрические, дизель-гидравлические объемного действия и электрические.





По ходовому устройству строительные экскаваторы бывают на гусеничном ходу, специальном шасси с пневмоколесным ходом, автомобильном шасси, а также смонтированные на колесном тракторе.

По конструкции опорно-поворотных устройств одноковшовые экскаваторы разделяются на полноповоротные и неполноповоротные.

По системе управления различают экскаваторы с рычажным (ручным), гидравлическим, пневматическим, электрическим, комбинированным управлением и др.

Основными видами землеройного оборудования экскаваторов являются прямая и обратная лопаты, драглайн (рис. 9.8, а, б, в).

Техническая характеристика одноковшовых экскаваторов приведена в табл. 9.21 и 9.22.

Строительный одноковшовый экскаватор имеет следующие основные узлы и агрегаты: стрелу, рукоять, ковш, поворотную платформу, ходовую раму и ходовое устройство.

К основным параметрам экскаваторов относятся емкость ковша, вес машины, удельное давление на грунт, вид силового оборудования и мощность привода, продолжительность цикла при повороте экскаватора на  $90^\circ$  и выгрузке в транспорт, скорость передвижения экскаватора, усилие на режущей кромке ковша, усилие подъема (усилие на блоке ковша) при всей передаче мощности на подъем, наибольшая высота копания и др.

Исходным условием при выборе параметров является возможность наполнения ковша заданной емкости при расчетной высоте копания  $H_0$ . Принимается, что  $H_n = H_0$ ,  $H_n$  — высота напорного вала.

Для строительных экскаваторов

$$H_n = H_0 = (1,0 \dots 1,15) \sqrt[3]{G}.$$

Максимальная толщина срезаемой стружки грунта

$$h_{\max} = \frac{qk_n}{bHk_p},$$

где  $k_n$  — коэффициент наполнения  $\cong 1$ ;  $b$  — ширина стружки;  $k_p$  — коэффициент разрыхления:  $k_p = 1,25 \dots 1,35$ . Расчетная величина касательной составляющей реакции грунта на ковш

$$P = K_1 b h_{\max},$$

где  $K_1$  — удельное сопротивление копанию, Н/см<sup>2</sup> (16...18 — легкие грунты; 25...26 — средние; 32...35 — тяжелые).

Рис. 9.8. Одноковшовый универсальный экскаватор:

а — прямая лопата; б — обратная лопата; в — драглайн;  $R_k$  — наибольший радиус копания (а, б, в);  $H_k$  — наибольшая высота копания (а, б, в);  $H$  — глубина копания ниже уровня стоянки (а);  $R_B$  — наибольший радиус выгрузки (а, б, в);  $H_B$  — наибольшая высота выгрузки (а, б, в); наибольшая глубина копания (в);  $H_1$  — при боковом проходе;  $H_2$  — при концевом проходе

Табл. 9.21. Техническая характеристика

Показатели	Марка					
	Э-157А	Э-304А	Э-303А	Э 352А	Э-505	Э-652
Емкость ковша, м <sup>3</sup>	0,15	0,3	0,4	0,4	0,5	0,65
Марка двигателя	Д-20	Д-48	Д-48	Д-48А	КДМ-46	КДМ-46
Скорость передвижения, км/ч	0,07...2,46	0,75...3,35	0,97...4,37	0,76...1,75	1,6...3,0	1,6...3,0
Скорость вращения поворотной платформы, об/мин	6,07	2,79...6,43	2,79...6,43	2,5...6,0	3,4...6,0	3,4...6,0
Управление	Рычажное	Пневматическое	Механическое	Гидравлическое	Гидравлическое	Гидравлическое
Рабочее оборудование			Механическое	Гидравлическое	Гидравлическое	Гидравлическое
			рычажное	рычажное	рычажное	рычажное
			Прямая и обратная лопаты,	Прямая и обратная лопаты,	Прямая и обратная лопаты,	Прямая и обратная лопаты,
Среднее давление на грунт, МПа	0,015	0,017	0,055	0,019	0,070	0,069
Преодолеваемый подъем пути, град	—	20	20	20	20	22
Габаритные размеры (без рабочего оборудования), мм:						
длина	3800	4700	4100	4400	—	4610
ширина	2500	3400	2380	3360	—	2825
высота	3400	3200	2900	2980	—	3500
Масса, кг	4800	11 900	10 900	13 000	19 750	20 500

Нормальная составляющая реакция грунта на ковш

$$P_1 \cong 0,1P.$$

Реакции  $P$ ,  $P_1$  вместе с силами тяжести частей экскаватора и реакциями грунта на ходовое оборудование являются внешними силами, действующими на экскаватор, и служат исходными данными для определения нагрузок в механизмах экскаватора и потребной мощности привода при проверке элементов конструкции на прочность и расчете устойчивости.

Производительность экскаватора определяется по формулам: теоретическая

$$\Pi = 60qn = q \frac{3600}{t_{\text{ц}}} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $q$  — емкость ковша, м<sup>3</sup>;  $n$  — число рабочих циклов за 1 ч;  $t_{\text{ц}}$  — продолжительность одного цикла, с:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{к}} + t_{\text{п}} + t'_{\text{пов}} + t_{\text{раз}} + t''_{\text{пов}} + t_{\text{оп}}.$$

$t_{\text{к}}$  — время копания, с;  $t_{\text{п}}$  — время подъема ковша, с;  $t'_{\text{пов}}$  — время поворота ковша, с;  $t_{\text{раз}}$  — время разгрузки, с;  $t''_{\text{пов}}$  — время поворота порожнего ковша, с;  $t_{\text{оп}}$  — время опускания порожнего ковша в забой, с;

экскаваторов на гусеничном ходу

экскаватора							
Э-652А	Э-801	Э-1004	Э-10011	Э-10011А	Э-1251	Э-1252	Э-1602
0,65	0,8	1,0	1,0	1,0	1,25	1,25	1,6
Д-108	КДМ-46	2Д6	Д-108	Д-108	МА-146-2/4	У-26С2	Д-180
1,6...3,0	1,5...3,1	1,5	до 2,53	до 2,53	1,5	1,5	1,26
3,4...6,0	3,3...6,5	4,75	5,53	5,53	4,75	4,75	3,41
Пневматическое драглайн и грейфер	Гидравлическое и рычажное	Пневматическое с турботрансформатором	—	—	Гидравлическое	Прямая и обратная лопаты, драглайн, грейфер	Пневматическое
0,069	0,074	0,087	0,070	0,070	0,087	0,087	0,116
22	20	20	22	22	20	20	20
4610	5420	—	5430	5430	5440	5300	—
2825	3100	—	3100	3100	3200	3120	—
3500	3420	—	3600	3600	4180	3670	—
21 250	27 600	39 500	32 000	35 000	39 500	40 200	60 000

техническая

$$P_T = 60qnk_n \frac{1}{k_p} k_T \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $k_n$  — коэффициент наполнения ковша;  $k_p$  — коэффициент разрыхления грунта;  $k_T$  — коэффициент влияния трудности разработки;

эксплуатационная

$$P_э = P_T K_в = 60qnk_n \frac{1}{k_p} k_T k_в \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $k_в$  — коэффициент использования экскаватора по времени. Значения  $k_n$ ,  $k_p$ ,  $k_T$  приведены в табл. 9.23.

### 9.6. Сваебойное оборудование

Для погружения свай в грунт применяют свайные молоты. В зависимости от типа привода они разделяются на четыре группы: а) механические, приводимые в действие при помощи лебедки и каната; б) паровоздушные, приводимые в действие силой пара или сжатого воздуха; в) дизель-молоты, работающие по принципу дви-



Табл. 9.23. Значения коэффициентов для различных грунтов

Категория грунта	$k_H$	$k_p$	$k_T$
I	1,05	1,10	1,0
II	1...1,05	1,20	0,95
III	0,90	1,25	0,80
IV	0,85	1,3...1,35	0,70

гателей внутреннего сгорания; г) вибромолоты и вибропогружатели, использующие принципы вибрации для уменьшения сопротивления грунта.

По характеру работы различают молоты простого и двойного действия. В молотах простого действия рабочий ход происходит под действием веса ударной части, для подъема которой используется энергия пара или сжатого воздуха. Техническая характеристика приведена в табл. 9.24.

Табл. 9.24. Техническая характеристика паровых воздушных молотов простого действия

Показатели	Молоты					
	8 т	6 т	4,25 т	3 т	С-812	С-811А
Масса ударной части, кг	8000	5475	4250	3000	8000	6000
Наибольшая энергия удара, Дж	6600	4400	3700	2623	7400	6068
Число ударов в минуту (при наибольшей энергии удара)	12	12	12	12	35...40	40...45
Отношение полной массы молота к массе ударной части	1,2	1,25	1,15	1,22	1,37	1,37
Отношение наибольшей энергии удара к массе ударной части	1,12	1,1	1,18	1,23	1,25	1,37
Рабочее давление воздуха, МПа	0,8	0,8	0,7...0,8	0,8	0,7...0,8	0,8
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	40	32...35	25	18	24...25	20

В молотах двойного действия энергия пара или сжатого воздуха используется не только для подъема ударной части, но и для рабочего хода. Низкий КПД паровоздушных молотов и потребность в парокотельном либо компрессорном оборудовании ограничивает их применение. Дизельные молоты не требуют дополнительных энергетических установок. Ударной частью их является подвижной цилиндр или поршень. По типу направляющих для ударной части эти молоты делятся на штанговые и трубчатые. В штанговых дизельных молотах в качестве направляющих элементов ударной части служат две штанги трубчатого сечения, в трубчатых — неподвижный цилиндр.

Трубчатый дизельный молот (рис. 9.9) состоит из неподвижного цилиндра, подвижного поршня, топливного насоса низкого давления. Камера сгорания образуется кольцевой полостью между стенками цилиндра и цилиндрической частью поршня, в месте перехода ее в сферическую головку. Топливо из резервуара подается насосом

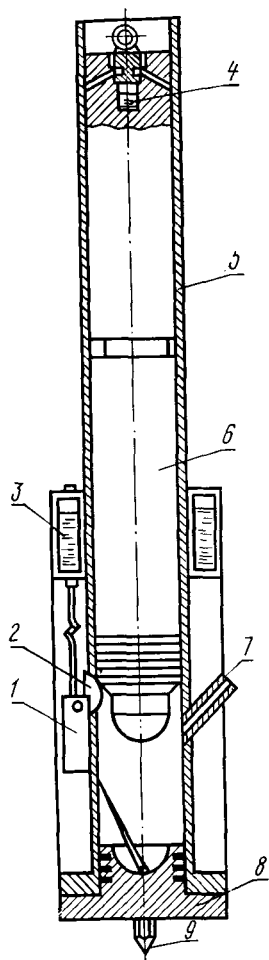


Рис. 9.9. Трубчатый дизель-молот:

1 — топливный насос; 2 — рычаг; 3 — резервуар для горючего; 4 — масляная камера; 5 — цилиндр; 6 — поршень; 7 — патрубки; 8 — пята; 9 — штырь

плунжерного типа низкого давления, которым управляет подающий поршень, нажимающий на рычаг. Техническая характеристика дизельных молотов приведена в табл. 9.25.

Основными параметрами свайных молотов являются: энергия удара, частота ударов, сила веса ударной части, мощность молота и мертвый вес.

Энергия удара молотов простого действия определяется по формуле:  $E = QH\eta$  Дж, а для молотов двойного действия  $E = QH\eta + PfH$  Дж, где  $Q$  — вес ударной части молота,  $H$ ;  $H$  — величина падения ударной части молота или величина хода поршня,  $m$ ;  $\eta$  — КПД молота, принимаемый для паровоздушного молота двойного действия с автоматическим парораспределением — 0,85; для паровоздушного дифференциального молота — 0,8; для трубчатых дизель-молотов — 0,6; для штанговых — 0,5;  $p$  — давление пара (сжатого воздуха) в цилиндре молота,  $Pa$ ;  $f$  — рабочая площадь поршня,  $m^2$ .

Молоты выбирают исходя из необходимости погружения свай на проектную глубину и обеспечения их расчетной несущей способности по грунту. Для забивки свай можно применять молоты любого типа, если их энергия удара удовлетворяет следующим условиям:

$$E \geq 25P_{пр}; E \geq \frac{Q_{п} + q}{k},$$

где  $E$  — энергия удара молота;  $P_{пр}$  — предельная несущая способность (предельное сопротивление сваи по грунту),  $kH$ ;  $Q_{п}$  — вес молота,  $H$ ;  $q$  — вес сваи с наголовником и подбабком,  $H$ ;  $k$  — коэффициент применимости молота. Его значения приведены ниже:

тип молота	значения коэффициента для свай:		
	деревянных	стальных	железобетонных
двойного действия и трубчатые дизельные	5,0	5,5	6,0
одиночного действия и штанговые	3,5	4,0	5,0

Забивка свай производится до расчетного отказа. Величина отказа при применении молота простого действия определяется по формуле Н. М. Герсееванова

Табл. 9.25. Техническая характеристика дизельных молотов

Показатели	Трубчатые				Штанговые	
	С-1048	С-1047	С-966	С-995	С-994	С-330 С-1010
Масса ударной части, кг	3500	2500	1800	1250	600	2500 190
Максимальная высота подъема	3000	3000	3000	3000	3000	2600 1000
Энергия удара при нулевом отказе, Дж	3996	3339	2368	1625	683	2200 111
Число ударов в минуту	44...55	43...55	43...55	43...55	43...55	50...55 100
Пределъная масса сваи при забивке в зависимости от грунтовых условий, кг	—	2500...6500	1800...5000	1200...3000	600...1200	— —
Масса молота, кг	7600	5700	4000	3200	1700	4400 300
Средний расход топлива, л/ч	18	14	10	7	4	— —



$$S = \frac{nFQH}{m^2 P_{\text{пр}} + nm P_{\text{пр}} F} \cdot \frac{Q + k_1^2 q}{Q + q},$$

где  $n$  — коэффициент, зависящий от материала свай, Н/м<sup>2</sup>; для железобетонных свай с наголовником  $150 \cdot 9,8 \cdot 10^3$ ; для деревянных свай без подбабка  $100 \cdot 9,8 \cdot 10^3$ ; для деревянных свай с деревянным подбабком  $80 \cdot 9,8 \cdot 10^3$ ;  $F$  — площадь поперечного сечения головы свай, м<sup>2</sup>;  $Q$  — вес молота, Н;  $H$  — высота падения молота, м;  $m$  — коэффициент запаса: для постоянных сооружений — 2, для временных — 1,5;  $k_1$  — коэффициент восстановления удара, зависящий от материала соударяющихся тел; для стали и чугуна с деревом  $k_1 = 0,2$ .

В случае применения молота двойного действия величина отказа определяется по формуле

$$S = \frac{E - 17,5 P_{\text{пр}}}{70 P_{\text{пр}}}.$$

В последнее время все большее распространение получил способ вибрационного погружения свай. Этот способ основан на том, что в результате продольной вибрации свай резко снижается сопротивление несвязных или слабосвязных грунтов, в результате чего свая погружается под действием собственного веса, работы и веса вибропогружателя. Основными факторами, влияющими на процесс погружения под действием вибрирования, являются частота вибрации и вес свай с вибропогружателем.

Выпускаемые в настоящее время вибропогружатели делятся на три группы: 1) простые вибропогружатели с жестким соединением узлов; 2) вибропогружатели с подрессоренным дополнительным грузом; 3) вибромолоты. Основными элементами вибропогружателя являются электродвигатель, вибратор и наголовник. Технические характеристики вибропогружателей и вибромолотов приведены в табл. 9.26 и 9.27.

Расчетная длина отказа для свай, погружаемых вибропогружателями, определяется по формуле

$$S = \frac{\alpha (N_0 - N_x)}{\beta (2 P_{\text{пр}} - Q - q)} - \frac{1}{\beta},$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  — коэффициенты, учитывающие свойства грунта:  $\alpha = 2,3 \dots 8,0$ ,  $\beta = 0,15 \dots 0,33$  (большие значения  $\alpha$  соответствуют рыхлым малопрочным грунтам);  $N_0$  — общая величина активной электрической мощности на валу электродвигателя вибропогружателя при скорости погружения свай от 0 до 0,8 м/с, кВт;  $N_x$  — то же при холостом ходе вибратора.

Кроме ударного, вибрационного и виброударного методов погружения свай, существует способ завинчивания свай в грунт. Особенностью таких свай является винтовая лопасть, затягивающая сваю в грунт при вращении. Для завинчивания свай применяются

Табл. 9.26. Техническая характеристика вибропогружателей

Показатели	Высокочастотные					Низкочастотные										
	ВП-50	ВПП-1	ВПП-2А	ВТ-5	ВПП-4	ВПМ-2	ВПМ-1	ВП-250	ВП-170	ВП-160	ВУ-1,6	ВП-80	ВП-3	ВП-1	С-838	ВП-2
Возмущающая сила, кН	490,5	245,2	245,2	196,2	137,3	68,7	14,7	1805... 2746,8	981...1667,7	981... 1569,6	941,8	509,3... 892,7	425	181,5	157	82,4
Число колебаний в минуту	2380	1500	1500	2500	1500	1500	1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Скорость вращения грузовых валов, об/мин	—	—	—	—	—	—	—	540...667	408...510	404...505	498	408...545	408	420	485	455
Число грузовых валов	—	—	—	—	—	—	—	2	8	8	4	4	4	—	—	—
Мощность электро-двигателя, кВт	2×44	30	40	30	28	7	3,7	250	160	160	2×75	100	100	60	50	22
Общая масса вибро-погружателя, кг	5750	2100	2200	1350	1200	330	150	11 000	13 300	11 200	11 000	9200	8000	4500	3500	2000

Табл. 9. 27. Техническая характеристика вибромолотов

Вибро-молот	Масса ударной части, кг	Возмущающая сила, кН	Частота ударов в минуту	Общая масса вибратора с наголовником, кг	Назначение
С-837	3500	295 000	700	5000	Для погружения железобетонных свай сечением 40×40 см, длиной до 15 м и свай-оболочек диаметром 100 см
С-467А	1200	177 000	360	2200	Для погружения железобетонных свай сечением 30×35 см, длиной до 15 м и тяжелого шпунта
С-836	1350	132 000	480	2300	Для погружения железобетонных свай сечением 30×30 см, длиной 10 м
С-835	700	98 100	480...720	1100	Для погружения и извлечения труб диаметром 150...250 мм на глубину до 15 м
ВМ-7У	650	67 800	1440	1400	Для погружения шпунта длиной до 8 м, обсадных труб диаметром 250 мм, длиной 25 м, а также выхления мерзлого грунта
С-834	600	49 000	480	900...1800	Для погружения железобетонных свай сечением 25×25 см, длиной 7 м, деревянных свай диаметром до 34 см, длиной до 8 м и легкого шпунта
С-402	250	31 400	480...720	365	Для погружения деревянных свай и легкого шпунта
С-833	85	9900	705	152	Для погружения и извлечения металлических труб диаметром 76 мм, длиной до 18 м

кабестаны ЦНИИС-25, ЦНИИС-50, МЗС-75, КЗС-75-150 и другие механизмы.

Для установки свайных молотов и направления свай применяются копры — металлические или деревянные конструкции.

По степени механизации они подразделяются на простые, полууниверсальные, универсальные и специализированные.

По виду привода рабочего оборудования — на электрические, гидравлические с пневмоприводом, с двигателем внутреннего сгорания и комбинированные.

В зависимости от конструкции ходовой части копры подразделяют на передвижные и самоходные. Передвижные вывоят на рельсовом и безрельсовом ходу (монтируются на экскаваторах, кранах, тракторах). К самоходным безрельсовым копрам относят копры на специальном гусеничном пневмоколесном ходу, на шасси автомобиля, трактора. Кроме этого, имеются и копры на плавучем основании (барже, понтоне и т. д.).

Техническая характеристика копров приведена в табл. 9.28.

Табл. 9.28. Техническая характеристика навесного копрового оборудования и рельсовых копров

Показатели	Навесное копровое оборудование						Рельсовые копры					
	УСА-162	С-860А	СП-59С	СП-49	С-870	УКА-75	СП-55	СП-56	СП-46П	С-908	С-100Б	С-955
Максимальная длина забрасываемой свай, м	9...12	12	12	12	8	7,5	25	20	16	16	12	12
Грузоподъемность копрового оборудования, т	10	10	10	11	7	5	30	20	14	14	10	6
Наклоны мачты копра, град:												
вперед	1...4	1...10	1...2	1...6	1...4	1...4	1...8	1...8	1...8	1...8	1...8	1...8
назад	1...4	1...10	1...3	1...3	1...3	1...4	1...3	1...3	1...3	1...3	1...3	1...3
в стороны	—	1...10	1...8	1...8	—	360	—	—	—	—	—	—
Угол поворота платформы копрового оборудования, град	—	±22,5	±40	—	—	360	360	360	360	360	—	360
Масса копрового оборудования (без про-тивалесов), т	3,25	6,6	8	9,3	3,14	1,3	57	52,5	—	—	20	20
Полная масса копра, т	22,8	26,8	45	26,4	20,3	13	114	83,7	44	44	36	41,9
Тип молота	С-858	С-996	С-996	С-996	С-995	УР1-500	СП-54	СП-54	С-949	С-949	С-996	С-996
Масса ударной части, кг	—	—	—	1800	3000	—	5000...13500	5000...13500	2500...6000	2500...6000	1800...4000	1800...4000
Максимальная масса погрузаемой свай, т	3...5	4	4	5	2	0,8	13	8	5	5	4	4
Базовая машина	Автокран К-162	Экскаватор Э-10011А	Трактор Т-100МБП	Трактор Т-100МБП	Трактор Т-100МГП	Автокран К-67						

## 9.7. Катки

**Общие сведения.** Наиболее распространенными уплотняющими машинами в дорожном строительстве являются прицепные, полуприцепные и самоходные катки. Рабочими органами их являются вальцы, или пневматические шины. В зависимости от конструкции уплотняющих вальцов катки разделяются на ку-

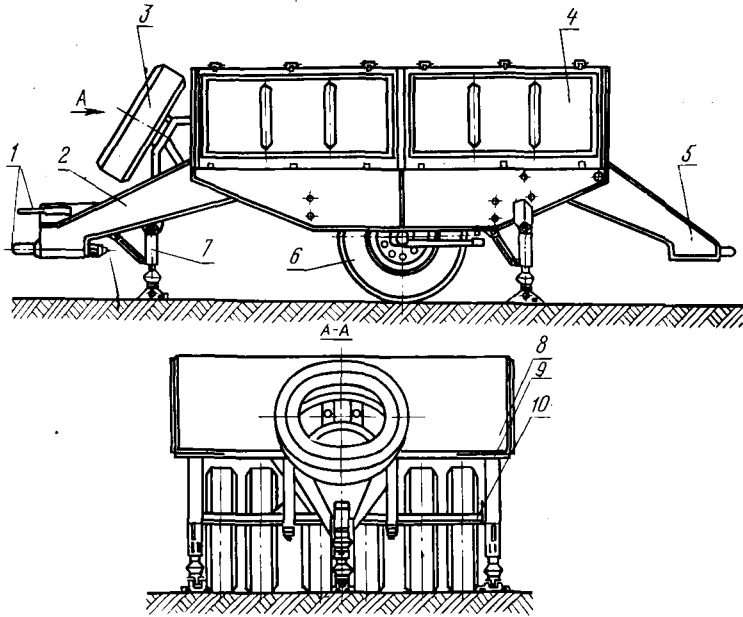


Рис. 9.10. Прицепной каток на пневматическом ходу ДУ-4:

1 — сцепное устройство; 2 — дышло; 3 — запасное колесо; 4 — откидная стенка; 5 — съемное дышло; 6 — колесо; 7 — домкрат; 8 — кузов; 9 — замок; 10 — очиститель колес

лачковые, решетчатые, сегментные и с гладкими металлическими вальцами.

Выбор уплотняющей машины зависит от характеристики грунта, толщины уплотняемого материала, степени уплотнения, фронта работ и производительности машины.

Катки на пневматических шинах и с гладкими металлическими вальцами применяют для уплотнения как связных, так и несвязных грунтов, кулачковые и сегментные — только для связных грунтов, решетчатые — для обломочных, гравелистых и мерзлых грунтов.

Основными параметрами катков с гладкими вальцами являются вес катка, радиус вальца и его ширина, катков на пневматических шинах — вес, типоразмеры шин, число колес, зазоры между шинами. Главный параметр катков — удельное давление, для катков с гладкими вальцами — условно считают давление на 1 см ширины вальца, а катков на пневматических шинах и кулачковых — давление на 1 см<sup>2</sup> контакта шины или площади кулачка.

Табл. 9.29. Техническая характеристика прицепных катков на пневматических шинах

Показатели	Марка		
	ДУ-4	ДУ-30	ДУ-39
Масса катка без базовой машины (тягача), т:			
без балласта	6	12,5	8
с балластом	—	До 50	25
Количество колес:	6	5	5
с жесткой подвеской	6	—	—
с независимой подвеской	—	5	5
Обозначение и размер пневмошин	14,00—20	18,00—28	14,00—20 или 1100 × 330 В
Давление воздуха в шинах, МПа	0,50...0,60	0,30...0,40	0,35...0,70 или 0,20...0,90
Ширина уплотняемой полосы, мм	2500	2200	2535
Средняя толщина уплотняемого слоя насыпного грунта, мм	300	500	300

**Катки на пневматических шинах.** Важнейшим преимуществом катков на пневматических шинах является возможность регулировать давление на грунт (ограничивать величину максимального нормального контактного напряжения) путем изменения давления воздуха в шинах. Типы и размеры этих катков весьма разнообразны. Техническая характеристика наиболее распространенных прицепных катков на пневматических шинах приведена в табл. 9.29.

Прицепной каток ДУ-4 представляет собой цельнометаллическую конструкцию (рис. 9.10). Кузов выполнен вместе с рамой и основным дышлом. Рама катка состоит из четырех продольных балок коробчатого сечения, связанных между собой поперечинами. Задняя поперечина выполнена отъемной, что дает возможность выкатывать колеса при демонтаже. Дышло — коробчатого сечения, сварено из листового проката и жестко соединено с внутренними стенками средних продольных балок и днищем кузова. На дышло установлено сдвоенное сцепное устройство для сцепки с трактором или автомобилем. Колесный ход состоит из шести колес — по два на каждой полуоси.

Большое распространение получили полуприцепные катки, которые устраиваются на базе одноосных тягачей и колесных тракторов. Они значительно маневреннее прицепных и позволяют производить уплотнение челночным способом. Их техническая характеристика приведена в табл. 9.30.

Глубина активной зоны при уплотнении связных грунтов определяется по формуле

$$h_0 = 0,2 \frac{W}{W_0} \sqrt{P p_{\omega}} \text{ см,}$$

где 0,2 — постоянный коэффициент, см<sup>2</sup>/Н; W и W<sub>0</sub> — влажность и оптимальная влажность грунта, %; P — нагрузка на колесо, Н; p<sub>ω</sub> — давление воздуха в шинах, МПа.

Табл. 9.30. Техническая характеристика полуприцепных катков на пневматических шинах

Показатели	Марка	
	ДУ-16Б	ДУ-44,
Масса с тягачом, т:		
с балластом	35	—
без балласта	20	—
Масса без тягача, т:		
с балластом	25	17
без балласта	10	6
Тягач	МоАЗ-546П	
Количество колес	4	5
Шины	21,00—28	14,00—20 или 1100 × 330 В
Давление воздуха в шинах, МПа	0,20...0,42	0,20...0,64
Ширина уплотняемой полосы, мм	2800	2600
Толщина уплотняемого слоя (в рыхлом состоянии), мм	До 350	

Максимальное давление по площади контакта колеса с грунтом в конце уплотнения

$$G = p_{\omega} k_1 k_2 \text{ Па,}$$

где  $k_1$  — коэффициент, учитывающий жесткость покрышки (для легких и средних катков  $k_1 = 1,5$ ; для тяжелых  $k_1 = 1,2 \dots 1,3$ );  $k_2$  — коэффициент, учитывающий рисунок протектора:  $k_2 = 1,4 \dots 1,6$ .

Зазоры между шинами прицепного катка рекомендуются не выше 0,48*b* (*b* — ширина колеса).

Производительность катков на пневматических шинах определяется по формуле

$$П = \frac{TLH(B-a)k_b}{\left(\frac{L}{v} + t_n\right)n} \text{ м}^3/\text{смену,}$$

где  $T$  — продолжительность смены, ч;  $L$  — длина участка уплотнения, м;  $H$  — толщина уплотняемого слоя, м;  $B$  — ширина уплотняемой полосы, м;  $a$  — перекрытие следа катка, м;  $k_b$  — коэффициент использования рабочего времени;  $v$  — рабочая скорость движения катка, м/ч;  $t_n$  — время, затрачиваемое на повороты в конце укатываемого участка, ч;  $n$  — число проходов катка по одному месту.

**Кулачковые катки.** Они разделяются на прицепные, полуприцепные и самоходные.

Прицепные кулачковые катки выпускаются трех типов: легкие (ККЛ), средние (ККС) и тяжелые (ККТ). Их параметры приведены в табл. 9.31.

Рабочим органом являются вальцы, на которых смонтированы с помощью бандажей кулачки. Число кулачков для легких и средних катков — 20...25 шт. на 1 м<sup>2</sup> поверхности вальца.

Кулачковые катки обладают значительной производительностью, слой уплотнения может достигать 0,75 м. С целью наиболее

полного использования мощности тягача и увеличения производительности прицепные катки работают в сцепке, состоящей из двух, трех и более катков. Состоят из рамы, вальца, бандажей с кулачками подшипников, сцепного устройства и скребков (рис. 9.11).

Полуприцепные катки выпускаются на базе одноосных колесных тягачей, самоходные — устраивают на базе двухосных колесных тягачей.

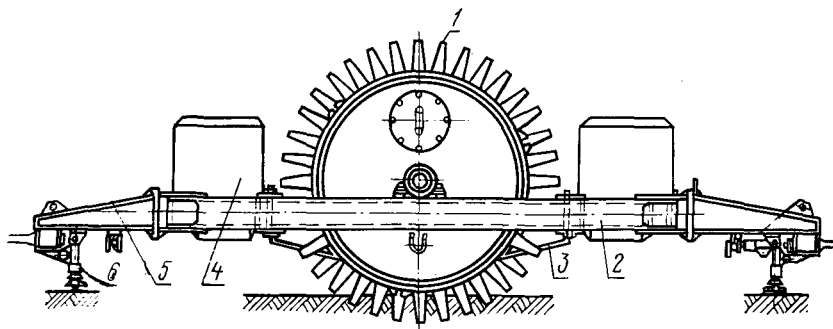


Рис. 9.11. Прицепной кулачковый каток:

1 — валец; 2 — рама; 3 — скребки; 4 — ящик для балласта; 5 — сцепное устройство; 6 — упор

Минимальный поперечный размер опорной поверхности кулачка выбирается из условия:  $b \geq 0,25 H$  см, где  $H$  — толщина уплотняемого слоя грунта в плотном теле.

Длина кулачка  $L = (H_p + h_p) - 2,5b$  см, где  $H_p$  — оптимальная толщина слоя грунта в рыхлом состоянии, см;  $h_p$  — глубина разрыхления грунта, см (для катков среднего веса 5).

Диаметр вальца определяется из соотношения

$$\frac{D}{L} = 5,5 \dots 7,0.$$

Ширина  $B_B = (0,7 \dots 0,8) 2r_0$ , где  $r_0$  — радиус вальца.

Оптимальная толщина уплотняемого слоя грунта  $H_0 = 0,65(L + 2,5b - h_p)$  см.

Табл. 9.31. Техническая характеристика кулачковых катков

Показатели	ККЛ	ККС		ККТ
		одновальцовые	двухвальцовые	
Масса катка, т:				
с балластом	6...9	16...18	16...18	25...30
без балласта	5	10	10	12,5
Ширина вальца, мм	1500	2000	1500	2800
Диаметр вальца без кулачков, мм	1200	1400	1200	2100
Давление на грунт катка с балластом, МПа	3,5...5,0	5,5...7,0	3,5...7,0	7,0...9,0



Необходимое число проходов

$$n = \frac{S_B}{F_K m} k,$$

где  $S_B$  — поверхность вальца, см<sup>2</sup>;  $F_K$  — опорная поверхность кулачка, см<sup>2</sup>;  $m$  — общее число кулачков;  $k$  — коэффициент, учитывающий неравномерность перекрытия поверхности грунта кулачком (1,3).

Необходимое тяговое усилие для работы кулачковых катков  $T = GZ(f+i)$  Н, где  $G$  — сила тяжести катка с балластом, Н;  $Z$  — число катков в сцепке;  $f$  — коэффициент сопротивления перекачиванию:  $f = 0,15 \dots 0,25$ ;  $i$  — уклон местности.

Производительность катка

$$П = \frac{LH(B-0,2)k_B}{\frac{L}{v} - t_{\Pi}} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $L$  — длина укатываемого участка, м;  $H$  — толщина уплотняемого слоя в плотном теле, м;  $B$  — ширина вальца, м;  $k_B$  — коэффициент использования катка по времени:  $k_B = 0,8 \dots 0,9$ ;  $0,2$  — величина перекрытия катком следа предыдущего прохода, м;  $t_{\Pi}$  — время, затрачиваемое на повороты, ч.

**Решетчатые катки.** Появились сравнительно недавно, по конструкции сходны с гладкими или кулачковыми катками и отличаются тем, что их вальцы выполнены из решетки. Решетка — плетеная, из круглой стали диаметром 35...40 мм. Прутки в местах пересечения сварены. Решетка может быть выполнена и литой. В этом случае валец собирается из отдельных звеньев. Диаметр вальцов прицепных решетчатых катков выбирают в пределах 1500...2300 мм.

**Вибрационные катки.** Предназначаются для уплотнения несвязных и малосвязных грунтов; устраиваются как с гладкими вальцами, так и кулачковые и решетчатые. Наибольшее распространение получили прицепные и самоходные катки с гладкими металлическими вальцами (рис. 9.12). Эффективность вибрационных катков по глубине уплотнения грунтов в среднем в 5 раз превышает эффективность катков статического действия.

Техническая характеристика прицепных вибрационных катков приведена в табл. 9.32.

Оптимальная скорость движения виброкатка определяется по эмпирической формуле, предложенной Г. Н. Поповым:

$$v_{\text{пр}} = 0,2 \sqrt{\omega} \text{ км/ч},$$

где  $\omega$  — частота колебаний, Гц.

Самоходные катки с гладкими вальцами статического действия бывают двухосные двухвальцовые, двухосные трехвальцовые, трехосные трехвальцовые. Применяются для окончательного уплотнения дорожных оснований и покрытий из различных строительных материалов.

**Тяговый расчет катков.** При работе катков возникают следующие сопротивления:

а) сопротивление от перемещения катка с учетом уклона местности

$$W_1 = G_K (f_0 \pm i) \text{ кН,}$$

где  $G_K$  — сила тяжести катка, кН;  $f_0$  — коэффициент сопротивления движению катка; для катков с гладкими жесткими вальцами  $f_0 = 0,15 \dots 0,20$ ; для кулачковых  $f_0 = 0,25 \dots 0,30$ ; для катков на пневматических шинах  $f_0 = 0,12 \dots 0,15$ ;  $i$  — уклон местности;

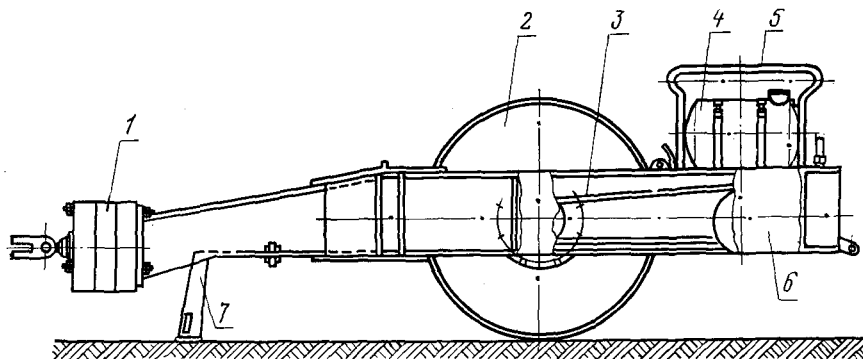


Рис. 9.12. Прицепной вибрационный каток:

1 — пружинный демпфер; 2 — вибровалец; 3 — клиноременная передача; 4 — топливный бак; 5 — тент; 6 — рама; 7 — опора

б) сопротивление от преодоления сил инерции при трогании катка с места

$$W_2 = \frac{G_K}{g} \cdot \frac{v}{t} \text{ кН,}$$

Табл. 9.32. Техническая характеристика прицепных вибрационных катков

Показатели	Марка		
	ДУ-14 (Д-480)	ДУ-22А (Д-603А)	ДУ-33А (Д-631)
Масса катка без базовой машины, т	3	6	12,5
Ширина вальца, мм	1400	1800	1800
Диаметр вальца, мм	1200	1600	1800
Тип вибратора	Центробежный		
Частота колебаний вибратора, кол/мин	2000	1600	1600
Возмущающая сила, Н	78 400	147 000	294 000
Амплитуда колебаний, мм	3,0	2,0...2,5	2,5...3,0
Возможная глубина уплотнения, мм	500...600	600...800	1000...120
Мощность двигателя для привода вибрационной установки, кВт	55,4	68	150
Среднее число проходов по одному следу	6...8	4...5	4...5

где  $g$  — ускорение силы тяжести;  $v$  — скорость движения, м/с;  $t$  — время разгона катка, с:  $t=4...5$ .

Найденное суммарное сопротивление катка должно удовлетворять неравенству

$$T_{d \max} \geq \Sigma W,$$

где  $T_{d \max}$  — наибольшая допустимая сила тяги тягача при кратковременной работе.

## 9.8. Снегоочистители

Зимнее содержание дорог включает их очистку от снега. Для этого используют снегоочистители, автогрейдеры, бульдозеры.

Снегоочистители по принципу действия подразделяются на плужные и роторные. По конструкции рабочего органа плужные снегоочистители классифицируются на одноотвальные и двухотвальные, а роторные — на шнекороторные, плужно-роторные, фрезерные и фрезерно-роторные. Снегоочистители являются навесным оборудованием и монтируются на автомобилях, самоходных тягачах или тракторах и автогрейдерах. Техническая характеристика приведена в табл. 9.33...9.35.

Плужные снегоочистители на базе автомобилей используются для патрульной очистки дорог во время снегопадов и метелей. Ими можно удалять снег плотностью 200...250 кг/м<sup>3</sup>. Преимущества автомобильных плужных снегоочистителей: большая мобильность; возможность использования автомобиля по прямому назначению после демонтажа снегоочистительного оборудования; высокая рабочая скорость, благодаря чему снег удаляется на значительное расстояние от отвала. Тракторные плужные снегоочистители, обладающие высокой тяговой характеристикой, используют для очистки дорог от снега любой плотности. После демонтажа снегоочистительного оборудования трактор можно использовать на других операциях.

Автомобильные плужные снегоочистители во время работы преодолевают следующие сопротивления:

а) сопротивление снега резанию

$$W_1 = Bh'K_p H,$$

где  $B$  — ширина захвата за один проход, м;  $h'$  — средняя глубина расчищаемого снега, м;  $K_p$  — удельное сопротивление снега резанию, зависит от плотности снега и температуры (табл. 9.36);

б) сопротивление снега перемещению по отвалу

$$W_2 = k_0 B h' v^2 H,$$

где  $k_0$  — коэффициент пропорциональности, Н·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>:  $k_0 = 5...25$ ;  $v$  — рабочая скорость снегоочистителя, м/с;

в) сопротивление движению снегоочистителя складывается из сопротивлений движению автомобиля или трактора и навесного оборудования — переднего и боковых отвалов:

Табл. 9.33. Техническая характеристика роторных снегоочистителей с питателем фрезерного типа

Показатели	Марка					
	Д-558	РС-66	Т-110	Т-109	МС-59	Д-904С
Базовое шасси	МоАЗ-542 2	ГАЗ-66 1	МТЗ-50Л 1	МТЗ-50; 52 1	Специальное 1	ТДТ-55 2
Количество двигателей	162	85,4	37	37	10,3	55,4
Мощность двигателей, кВт:	735	2350	1700	2000	1000	127
для привода ходовой части	3000	1200	800	500	850	2760
для привода рабочего органа	2000	1200	800	500	850	1000
Цирлина захвата, мм	0,29...5,2	0,34...0,57	До 1,4	1,32...2,76	0,4...1,4	0,4...1,76
Высота убираемого слоя, мм	До 40	До 30	До 15	До 20	8,24	До 11,0
Рабочая скорость, км/ч	Боле 50	До 30	8	До 20	12	18
Транспортная скорость, км/ч	1600	800	—	800	500	790
Дальность отбрасывания, м	335	480	—	595	702	392
Ротор:						
диаметр, мм	1700	900	700	900	800	900
частота вращения, об/мин	135	210	382	244	178	193
Фреза:	3000	170	260	До 330	100	750
диаметр, мм	10,950	7550	4200	—	2950	6730
частота вращения, об/мин	3650	2430	3800	—	1090	2760
Производительность, т/ч	3850	2500	2485	—	3000	2625
Габаритные размеры, мм:	22500	6560	4150	4000	900	12670
длина						
ширина						
высота						
Масса машины, кг						

Табл. 9.34. Техническая характеристика роторных снегоочистителей с питателями шнекового типа

Показатели	Марка				
	Д-450	Д-470	Д-707С	Д-902	Д-909
Базовое шасси	МАЗ-502	ЗИЛ-157КЕ	ЗИЛ-131	Урал-375Е	К-700А
Количество двигателей	2	1	1	2	1
Мощность двигателей, кВт:					
для привода ходовой части	99			129	
для привода рабочего органа	220	110	184	308	158
Ширина захвата, мм	2760	2500	2550	2800	3240
Высота убираемого слоя, мм	1700	1200	1300	1500	1500
Рабочая скорость, км/ч	0,77...12,0	0,3...0,5	0,5...0,92	0,45...0,6	0,31
Транспортная скорость, км/ч	До 50	До 40	До 41	До 42,5	До 33
Дальность отбрасывания, м	25	24	24	31	17
Ротор:					
диаметр, мм	1220	975	978	1200	1220
частота вращения, об/мин	338	425	421	403	271
Шнеки:					
количество	3	2	2	2	2
диаметр, мм	450	450	450	550	550
частота вращения, об/мин	352	318	354	302	294
Производительность, т/ч	1200	625	900	1375	800
Габаритные размеры, мм:					
длина	8750	8000	8400	10 000	8470
ширина	2800	2570	2550	2810	3240
высота	2950	2530	2670	2920	3580
Масса машины, кг	13 600	8820	10 800	15 500	14 500

$$W_3 = [G_a(f_a + i) + G_{\Pi}(f_{\Pi} + i)]g H,$$

где  $G_a$  — масса автомобиля, кг;  $G_{\Pi}$  — масса плужного оборудования, кг;  $f_a$  — коэффициент сопротивления движению автомобиля:  $f_a = 0,05$ ;  $f_{\Pi}$  — коэффициент сопротивления скольжению отвала:  $f_{\Pi} = 0,15 \dots 0,25$ ;  $i$  — максимальный продольный уклон дороги.

Техническая производительность плужного снегоочистителя определяется произведением площади сечения удаляемого снежного покрова на рабочую скорость снегоочистителя:  $\Pi = 3600 B h' v$  м<sup>3</sup>/ч.

Роторные снегоочистители, как правило, имеют два рабочих органа, один срезает снежный покров и перемещает его к средней части машины, а второй захватывает снег и отбрасывает в сторону. Только у фрезерных снегоочистителей совмещены операции по вырезанию и отбрасыванию снега в одном рабочем органе.

Роторные снегоочистители отличаются большим разнообразием принципиальных схем рабочих органов с приводом от двигателя машины и от отдельного двигателя. Снегоочистители с приводом рабочего органа от двигателя машины — малой производительности — применяются преимущественно на патрульной очистке от снега автомобильных дорог, а от отдельного двигателя — в мощных снегоочистителях, способных работать в плотном снеге и при большой толщине снежного покрова.

Табл. 9.35. Техническая характеристика плужных снегоочистителей

Показатели	Одноотвальные плуги			Двухотвальные плуги		
	Д-229А	Д-666	Д-667	ДЭ-214С	Д-389	978
Базовое шасси	ЗИЛ-164	ЗИЛ-130	ЗИЛ-131	К-700	Т-100М	ДТ-54
Ширина захвата, мм:						
без бокового крыла или крыльев с боковым крылом или крыльями	2450	2600	2600	3500	3540	3500
Наибольшая высота очищаемого снега, мм	300	300	300	1200	600 слежавшегося 1200 свежее павшего	600
Рабочая скорость, км/ч	До 35	До 40	45	До 10	5	До 5
Транспортная скорость, км/ч	До 50	60	60	До 32,6	11	До 7,9
Дальность отбрасывания, м	—	8...10	8...10	—	—	—
Производительность, м³/ч	До 90 000	До 100 000	До 105 000	До 50 000	До 35 000	До 17 000
Высота отвала, мм:						
левой или передней части	600	450	450	1120	1467	1000
правой или задней части	1200	1450	1450	1850	1950	1370
Габаритные размеры, мм:						
длина	8900	9350	10 100	10 000	6325	5500
ширина без крыла или крыльев	3060	3170	2950	3500	4569	3500
ширина с крылом или крыльями	—	4270	4400	5000	7300	—
высота	2700	2250	2555	3580	3075	2350
Масса машины, кг	4860	5490	7810	13 850	15 380	7276

Табл. 9.36. Удельное сопротивление снега резанию

Плотность снега, кг/м³	Коэффициент сопротивления резанию $k_p$ , Па	
	при температуре от +2 до -2°	при температуре от -2 до -27°
100 рыхлый	—	—
200 то же	1600	700
300 средней плотности	3200	1900
400 то же	8000	9500
450 очень плотный	13 000	14 000
500 то же	20 000	21 000
550 »	23 000	25 000

Рабочим органом шнеко-роторных снегоочистителей являются два или три шнека, которые производят резание снега и перемещение его в поперечном направлении к центру, где он подхватывается лопастями ротора и через улитку отбрасывается на сторону. Шнеки могут быть двухзаходными или трехзаходными. Общий вид фрезерно-роторного снегоочистителя Д-904С показан на рис. 9.13.

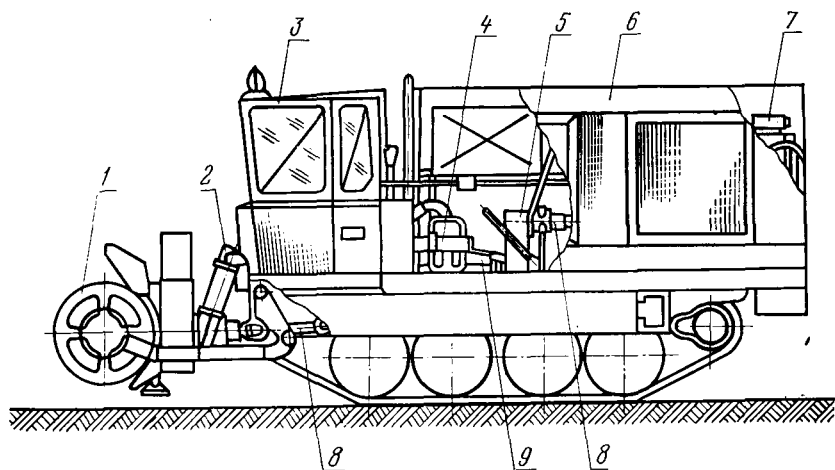


Рис 9.13. Снегоочиститель Д-904С:

1 — рабочий орган; 2 — механизм подвески рабочего органа; 3 — кабина; 4 — гидросистема; 5 — раздаточная коробка с ходоуменьшителем; 6 — капот силовой установки; 7 — двигатель привода рабочего органа; 8 — карданный вал; 9 — система управления

В процессе работы роторного снегоочистителя возникают следующие затраты мощности:

а) мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления перемещению автомобиля или трактора, на которых смонтирован снегоочиститель,

$$N_1 = W_1 v_m \text{ Вт,}$$

где  $W_1$  — сопротивление перемещению автомобиля или трактора, Н;  $W_1 = (G_a + G_o) (f_0 + i) g$ ;  $G_a$  — масса автомобиля (трактора), кг;  $G_o$  — масса снегоочистительного оборудования, кг;  $f_0$  — коэффициент сопротивления движению;  $i$  — максимальный уклон дороги;  $g$  — ускорение силы тяжести,  $m/c^2$ :  $g = 9,81$ ;  $v_m$  — рабочая скорость снегоочистителя, м/с;

б) мощность, расходуемая на вырезание снега,

$$N_2 = \frac{k_0 (D - d) L_{ш} n_{ш} S_{ш}}{2 \cdot 60} \text{ Вт,}$$

где  $k_0$  — коэффициент сопротивления снега резанию, Па;  $D$  — диаметр шнека, м;  $d$  — диаметр вала шнека, м;  $L_{ш}$  — длина шнека, м;  $n_{ш}$  — число оборотов шнека, об/мин;  $S_{ш}$  — шаг шнека, м;

в) мощность, затрачиваемая на перемещение снега,

$$N_3 = \frac{P_{\text{ш}} L_{\text{ш}} \operatorname{tg}(\alpha_0 + \varepsilon_0)}{\operatorname{tg} \alpha_0} \text{ Вт},$$

где  $P_{\text{ш}}$  — массовая производительность шнека, кг/с;  $\alpha_0$  — угол подъема винтовой линии;  $\varepsilon_0$  — угол трения снега о металл. Производительность шнека

$$P_{\text{ш}} = \frac{\pi D^2 S_{\text{ш}} n_{\text{ш}} \psi_{\text{ш}} \rho}{4 \cdot 60} \text{ кг/с},$$

где  $\psi_{\text{ш}}$  — коэффициент наполнения шнека снегом;  $\rho$  — плотность снега, кг/м<sup>3</sup>;

г) мощность, расходуемая на отбрасывание массы снега,

$$N_4 = \frac{MR^2 \omega^2 (1 + k_1^2) n}{2 \cdot 60} \text{ г Вт},$$

где  $M$  — масса отбрасываемого снега:  $M = \frac{60 P_{\text{р}}}{n}$ , кг;  $P_{\text{р}}$  — производительность ротора, принимается равной производительности снегоочистителя:

$$P_{\text{р}} = P_{\text{сн}} = B h v_{\text{м}} \rho \text{ кг/с}.$$

Заменив  $\omega = \frac{\pi n}{30}$ , получим

$$N_4 = 0,9 MR^2 n^3 (1 + k_1^2) 10^{-3} \text{ Вт};$$

д) мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления трения снега о стенки кожуха ротора,  $N_5 = f MR^2 n^3 10^{-2}$  Вт. Таким образом, мощность  $N_{\text{общ}} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5$ .



## Глава 10. ВОПРОСЫ ЭКОНОМИКИ СУХОПУТНОГО ТРАНСПОРТА ЛЕСА

---

### 10.1. Основы управления и организационные формы строительства лесовозных дорог

Общегосударственным органом по вопросам проектирования и строительства является союзно-республиканский Государственный комитет СССР по делам строительства (Госстрой СССР).

Руководство дорожным строительством осуществляют Минтрансстрой СССР и республиканские министерства (рис. 10.1).

В системе Минлеспрома СССР имеются специализированные строительные организации (рис. 10.2), которые строят лесовозные дороги.

### 10.2. Капитальные вложения в строительство лесовозных дорог и их эффективность

*Капитальными вложениями* называют затраты на создание новых производственных и непроизводственных основных фондов, а также на расширение и реконструкцию действующих.

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 389 от 28 мая 1969 г. установлено, что основной формой государственного планирования капитального строительства является пятилетний план, разрабатываемый и утверждаемый по каждому министерству и ведомству СССР и союзной республике с разбивкой по годам. На основе пятилетних планов капиталовложений Госплан СССР совместно с министерствами и ведомствами СССР и советами министров союзных республик разрабатывают и утверждают пятилетние планы подрядных строительного-монтажных работ. Эти планы доводятся соответствующим министерствам СССР и союзных республик до каждой стройки, строительного-монтажной организации и являются для них рабочими планами.

Объемы строительства лесовозных дорог за 1970—1975 гг. по Минлеспрому СССР приведены на рис. 10.3, а динамика затрат денежных средств на дорожное строительство по источникам финансирования — на рис. 10.4.

Эффективность использования капитальных вложений, выделяемых для строительства лесовозных дорог, зависит от рациональности плановых решений, эффективности проектно-конструкторских разработок и результатов непосредственной деятельности дорожно-строительных организаций. Для оценки экономичности проект-





Табл. 10.1. Техничко-экономические показатели строительства лесовозных автомобильных дорог, тыс. руб.

Наименование дорог	Магистралы		Ветки	Хозяйственные дороги	
	при ширине земляного полотна, м				
	10	8	5,5	5,0	6,5
1	2	3	4	5	6

Дороги с покрытием из щебеночных, гравийных материалов, обработанных вяжущим (с черным покрытием):

а) стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью до 20%, в благоприятных гидрогеологических условиях (песчаные и супесчаные грунты) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги 10 300 м<sup>3</sup> (I категория местности) и средней дальности возки гравийного материала и песка, км:

3...5	47,6	—	—	—	—
6...10	50,6	—	—	—	—
11...15	54,6	—	—	—	—
16...20	58,0	—	—	—	—

б) стоимость 1 км дороги в пересеченной местности вне зависимости от рода грунтов и в равнинной и слабохолмистой местностях при пылеватых и суглинистых грунтах с заболоченностью до 20% (II категория местности) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги 14 100 м<sup>3</sup> и средней дальности возки гравийного материала и песка, км:

3...5	53,5	—	—	—	—
6...10	56,5	—	—	—	—
11...15	60,4	—	—	—	—
16...20	63,9	—	—	—	—

в) стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью свыше 20% (III категория местности) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги 15 300 м<sup>3</sup> и средней дальности возки гравийного материала и песка, км:

3...5	57,1	—	—	—	—
6...10	60,1	—	—	—	—
11...15	63,9	—	—	—	—
16...20	67,5	—	—	—	—

Гравийные дороги:

а) стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью до 20%, в благоприятных гидрогеологических условиях (песчаные и супесчаные грунты) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги (I категория местности) соответственно категориям 10 300; 8000; 5600; 3400; 4400 м<sup>3</sup> и средней дальности возки гравийного материала, км:

3...5	25,1	18,7	13,5	10,8	12,3
-------	------	------	------	------	------

1	2	3	4	5	6
6...10	26,1	19,4	14,0	11,3	12,8
11...15	27,3	20,3	14,7	11,9	13,5
16...20	28,4	21,1	15,3	12,5	14,1
б) стоимость 1 км дороги в пересеченной местности вне зависимости от рода грунтов и в равнинной и слабохолмистой местностях при пылеватых и суглинистых грунтах с заболоченностью до 20% (II категория местности) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги соответственно категориям 14 100; 11 300; 8100; 5400; 8100 м <sup>3</sup> и средней дальности возки гравийного материала, км:					
3...5	31,5	24,1	18,3	14,8	16,7
6...10	32,5	24,8	18,8	15,3	17,2
11...15	33,7	25,7	19,4	15,9	17,9
16...20	34,8	26,5	20,1	16,5	18,5
в) стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью свыше 20% (III категория местности) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги соответственно категориям 15 300; 12 200; 9000; 6000; 9000 м <sup>3</sup> и средней дальности возки гравийного материала, км:					
3...5	35,1	27,2	20,4	16,4	18,8
6...10	36,0	37,8	21,0	16,9	19,4
11...15	37,3	28,7	21,6	17,5	20,0
16...20	38,4	29,6	22,2	18,1	20,7
Колейные дороги из сборного железобетона:					
а) стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью до 20%, в благоприятных гидрогеологических условиях (песчаные, супесчаные грунты) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги соответственно категориям 10 300; 8000; 5600; 3400 м <sup>3</sup> (I категория местности) и средней дальности возки гравийного материала и песка, км:					
3...5	38,3	34,8	31,6	24,5	—
6...10	39,0	35,5	33,6	24,5	—
11...15	40,0	36,3	33,8	24,5	—
16...20	40,8	37,0	34,0	24,5	—
б) стоимость 1 км дороги в пересеченной местности вне зависимости от рода грунтов и в равнинной и слабохолмистой местностях при пылеватых и суглинистых грунтах с заболоченностью до 20% (II категория местности) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги соответственно категориям 14 100; 11 300; 8100; 5400 м <sup>3</sup> и средней дальности возки гравийного материала и песка, км:					
3...5	42,5	41,7	38,9	33,0	—
6...10	46,2	42,5	40,2	33,7	—
11...15	47,3	43,5	41,2	34,6	—
16...20	48,4	44,4	42,3	35,3	—

1	2	3	4	5	6
в) стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью свыше 20% (III категория местности) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги соответственно категориям 15 300; 12 200; 9000; 6000 м <sup>3</sup> и средней дальности возки гравийного материала и песка, км:					
3...5	49,4	44,8	41,1	34,7	—
6...10	50,3	45,6	42,4	35,3	—
11...15	51,5	46,6	43,4	36,2	—
16...20	52,5	47,5	44,5	35,9	—
Дороги с покрытием из грунта, обработанного вяжущими материалами:					
А. Органическими вяжущими (жидким дорожным битумом):					
а) стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью до 20%, в благоприятных гидрогеологических условиях (песчаные и супесчаные грунты) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги, м <sup>3</sup> (I категория местности):					
10 300	37,5	—	—	—	—
8000	—	30,6	—	—	—
5600	—	—	21,3	—	—
3400	—	—	—	18,2	—
4400	—	—	—	—	22,4
б) стоимость 1 км дороги в пересеченной местности вне зависимости от рода грунтов и в равнинной и слабохолмистой местностях при пылеватых и суглинистых грунтах с заболоченностью до 20% (II категория местности) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги, м <sup>3</sup> :					
14 100	46,6	—	—	—	—
11 300	—	38,3	—	—	—
8100	—	—	28,1	—	—
5400	—	—	—	23,9	—
8100	—	—	—	—	28,6
в) стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью свыше 20% (III категория местности) при профильном объеме работ на 1 км дороги, м <sup>3</sup> :					
15 300	50,2	—	—	—	—
12 200	—	41,3	—	—	—
9000	—	—	30,3	—	—
6000	—	—	—	25,5	—
9000	—	—	—	—	30,8

Б. Неорганическими вяжущими (цементом).  
Расход материала на устройство 1 км покрытия при толщине по оси дороги 20 см:

а) стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью до 20%, в благоприятных гидрогеологических условиях (песчаные и супесчаные

1	2	3	4	5	6
грунты) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги (I категория местности), м <sup>3</sup> :					
10 300	30,5	—	—	—	—
8000	—	24,9	—	—	—
5600	—	—	17,6	—	—
3400	—	—	—	14,5	—
4400	—	—	—	—	17,7
б) стоимость 1 км дороги в пересеченной местности независимо от рода грунтов и в равнинной и слабохолмистой местностях при пылеватых и суглинистых грунтах с заболоченностью до 20% (II категория местности) при профильном объеме земляных работ, м <sup>3</sup> :					
141 000	38,4	—	—	—	—
11 300	—	31,6	—	—	—
8100	—	—	23,2	—	—
5400	—	—	—	19,5	—
8100	—	—	—	—	23,0
Грунтогравийные дороги III категории, ветки и хозяйственные дороги (улучшенные добавками гравийного материала):					
а) стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью до 20%, в благоприятных гидрогеологических условиях (песчаные и супесчаные грунты) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги (I категория местности) соответственно категориям 5600; 3400; 4400 м <sup>3</sup> и средней дальности возки гравийного материала, км:					
3...10	—	—	10,7	8,4	9,5
11...20	—	—	11,0	8,7	10,0
б) стоимость 1 км дороги в пересеченной местности независимо от рода грунтов и в равнинной и слабохолмистой местностях при пылеватых и суглинистых грунтах с заболоченностью до 20% (II категория местности) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги соответственно категориям 8100; 5400; 8100 м <sup>3</sup> и средней дальности подвозки гравийного материала, км:					
3...10	—	—	15,5	12,4	14,0
11...20	—	—	15,8	12,7	14,2
в) стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью свыше 20% (III категория местности) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги соответственно категориям 9000; 6000; 9000 м <sup>3</sup> и средней дальности подвозки гравийного материала, км:					
3...10	—	—	17,7	14,0	15,6
11...20	—	—	18,0	14,3	16,4

Примечания: 1. Показатели стоимости 1 км дороги относятся к условиям строительства в грунтах II...III групп.

2. В показатели стоимости 1 км дороги вводятся следующие поправки: а) при наличии грунтов IV...V групп к показателям стоимости 1 км дороги на каждые 1000 м<sup>3</sup> грунта этих групп для всех градаций рельефа местности добавляется 0,31 тыс. руб.; б) при увеличении или уменьшении указанного в таблице расхода материалов для гравийных, грунтогравийных, гравийных, обработанных битумом, и колеиных дорог из железобетонных плит вводится поправка на величину 0,3...0,93 тыс. руб. на каждые 100 м<sup>3</sup> грунта.

Табл. 10.2. Техничко-экономические показатели стоимости строительства магистрали (без станционных путей и зданий) лесовозных железных дорог колеи 750 мм

Наименование показателей	Значение показателей, тыс. руб., при грузооборотах, тыс. м <sup>3</sup>		
	более 600 (дороги I категории)	201...600 (дороги II категории)	до 200 (дороги III категории)
ширина земляного полотна, м	4,3	3,9	3,5
при локомотивах с нагрузкой на ось, т	6...7		4,5

Стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью до 20%, в благоприятных гидрогеологических условиях (песчаные грунты) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги (I категория местности), м<sup>3</sup>:

4700	36,8	—	—	—
4300	—	34,3	—	—
4300	—	—	33,8	—
3900	—	—	—	26,9

Стоимость 1 км дороги в пересеченной местности независимо от рода грунтов и в равнинной и слабохолмистой местностях при пылеватых и суглинистых грунтах с заболоченностью до 20% (II категория местности) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги, м<sup>3</sup>:

7700	45,5	—	—	—
7200	—	42,8	—	—
7200	—	—	42,4	—
6600	—	—	—	31,4

Стоимость 1 км дороги в равнинной и слабохолмистой местностях с заболоченностью свыше 20% (III категория местности) при профильном объеме земляных работ на 1 км дороги, м<sup>3</sup>:

8500	50,0	—	—	—
8000	—	47,3	—	—
8000	—	—	46,8	—
7400	—	—	—	33,3

Примечание. Стоимость станционных путей, отнесенная на 1 км дороги, 4,9...5,3 тыс. руб.



ных решений производится сопоставление основных технико-экономических показателей проекта с нормативами, отражающими современный уровень дорожного строительства. Нормативные технико-экономические показатели для проектирования лесозаготовительных предприятий, разработанные Гипролестрансом (ТЭП-70), содержат данные о размерах стоимости строительства лесовозных дорог (табл. 10.1, 10.2).

Экономическую эффективность рассчитывают согласно утвержденной Госпланом СССР, Госстроем СССР и АН СССР 8 сентября 1969 г. «Типовой методике определения экономической эффективности капитальных вложений». В соответствии с этой методикой оценка эффективности капитальных вложений производится путем сравнения единовременных и текущих затрат, выражающихся коэффициентом эффективности или сроком окупаемости капитальных вложений, которые определяются по следующим зависимостям:

$$E = \frac{\mathcal{E}_{\text{сущ}} - \mathcal{E}_{\text{пр}}}{K}; \quad T = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{сущ}} - \mathcal{E}_{\text{пр}}},$$

где  $\mathcal{E}_{\text{сущ}}$  — эксплуатационные расходы при условии отказа от строительства дороги (эталонные условия);  $\mathcal{E}_{\text{пр}}$  — эксплуатационные расходы при условии строительства и реконструкции дороги.  $\mathcal{E}_{\text{сущ}}$  и  $\mathcal{E}_{\text{пр}}$  определяют исходя из одинакового грузооборота на расчетный год эксплуатации дороги.

К показателям, характеризующим экономическую эффективность капитальных вложений новой техники, относятся: приведенные затраты; годовой экономический эффект, коэффициент сравнительной экономической эффективности; срок окупаемости; производительность труда и др. Различают абсолютную (общую) и сравнительную (относительную) экономические эффективности.

Абсолютная (общая) экономическая эффективность капитальных вложений по народному хозяйству в целом и его отраслям (промышленности, сельскому хозяйству, транспорту, строительству) определяется как отношение прироста годового объема национального дохода (чистой продукции) к вызвавшим его капитальным вложениям:

$$\mathcal{E}_{\text{н.х}} = \frac{\Delta D}{K}; \quad \mathcal{E}_{\text{от}} = \frac{\Delta П}{K},$$

где  $\Delta D$  — прирост годового объема национального дохода;  $K$  — капитальные вложения в сферу материального производства;  $\Delta П$  — прирост прибыли отрасли. В технических проектах на строительство лесовозных дорог для определения абсолютной экономической эффективности капитальных вложений используют показатель рентабельности, который определяется отношением разности между годовой продукцией предприятия в оптовых ценах и ее полной себестоимостью ко всем капитальным вложениям:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = \frac{TП - С}{K},$$

$TП$  — годовая продукция в оптовых ценах (предприятия);  $C$  — полная себестоимость годовой продукции;  $K$  — общая сумма капитальных вложений (сметная стоимость строительства).

Расчет сравнительной экономической эффективности капитальных вложений производят путем сравнения вариантов. На первом этапе сравнивают варианты по показателю сравнительной эффективности, т. е. отношению экономии транспортных издержек (эксплуатационных расходов), полученных при условии принятия более дорогостоящего варианта, к дополнительным капитальным вложениям по этому варианту по формуле

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{T_0} = \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{K_2 - K_1},$$

где  $T_0$  — срок окупаемости дополнительных капитальных вложений;  $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$  — соответственно ежегодные эксплуатационные расходы по вариантам;  $K_2, K_1$  — соответственно капитальные вложения по вариантам.

Определение годового экономического эффекта основывается на сопоставлении приведенных затрат по базовому и новому вариантам. Приведенные затраты представляют собой сумму себестоимости и нормативной прибыли

$$З = C + E_n K,$$

где  $C$  — себестоимость единицы продукции;  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений:  $E_n = 0,12$ ;  $K$  — удельные капитальные вложения в производственные фонды.

Методика требует в качестве базового варианта принимать новейшие достижения в данной области и только при реконструкции дорог в особых случаях — существующий вариант.

При сравнении нескольких вариантов рекомендуется сопоставлять суммарные приведенные капитальные вложения и дорожно-эксплуатационные расходы по каждому варианту по формулам:

$$З_i = C_i + E_n K_i \text{ или } З_i = K_i + T_{\text{н.о}} C_i,$$

где  $K_i$  — капитальные вложения по каждому варианту;  $T_{\text{н.о}}$  — нормативный срок окупаемости;  $C_i$  — себестоимость продукции за год.

При оценке экономической эффективности и сравнении вариантов проектных решений в связи с разновременностью реализации капитальных вложений и ежегодных текущих затрат в период эксплуатации для сопоставимости ценностных показателей учитывают влияние фактора времени. Это осуществляют путем приведения к одному моменту времени единовременных и текущих затрат, используя для этой цели коэффициент приведения  $\alpha_t$  или коэффициент отдаленности  $r_0$ :

$$\alpha_t = (1 + E)^t; r_0 = \frac{1}{(1 - E)^t},$$

где  $E$  — норматив приведения:  $E = 0,1$ ;  $t$  — год производства расходов.

Если сравниваемые дороги имеют различную продолжительность строительства, то суммарные приведенные капитальные вложения (к последнему году строительства) определяются по зависимости

$$K_{\text{пр}} = K_1(1 + E)^{t_c - 1} + K_2(1 + E)^{t_c - 2} + \dots + K_{t_c - 1}(1 + E) + K_{t_c},$$

где  $K_1, K_2, \dots, K_{t_c}$  — капитальные вложения соответствующего года строительства;  $E$  — норматив приведения разновременных затрат;  $E = 0,1$ ;  $t_c$  — период строительства.

**Пример.** По первому варианту: срок строительства — 4 года; сметная стоимость — 8 млн. руб.; ежегодно используется — 2 млн. руб. Капитальные вложения, приведенные к четвертому году строительства,  $K_{\text{пр}} = 2,0(1 + 0,1)^3 + 2,0(1 + 0,1)^2 + 2,0(1 + 0,1) + 2,0 = 8,30$  млн. руб.

По второму варианту: строительство начинается на год позже и осуществляется за 3 года; сметная стоимость — 8 млн. руб. (по годам 1,0; 2,0; 5,0). Капитальные вложения, приведенные к последнему году строительства,  $K_{\text{пр}} = 1,0(1 + 0,1)^2 + 2,0(1 + 0,1) + 5,0 = 8,21$  млн. руб. Более эффективным является второй вариант.

Данный пример свидетельствует о целесообразности сокращения сроков строительства дорог и концентрации капитальных вложений в период, непосредственно предшествующий вводу дороги в эксплуатацию.

При подсчете суммарных приведенных затрат стоимость реконструкции, капитальных и средних ремонтов дорог учитывается с коэффициентами отдаленности.

### 10.3. Сметная документация и порядок ее разработки

*Смета* представляет собой расчет затрат на строительство и определяет величину необходимых денежных, трудовых и материальных расходов. Сметную документацию составляют в процессе проектирования и утверждают как одну из составных частей проекта. Смета к техническому (техно-рабочему) проекту дороги является основным и неизменным документом на весь период строительства, на основании которого производится: планирование капитальных вложений; финансирование строительства; расчеты за выполненные работы между подрядной строительной организацией, осуществляющей строительство объекта, и заказчиком.

Сметная документация одновременно служит основанием для определения технико-экономических показателей проектов и оценки их эффективности, при расчетах экономической эффективности строительства и реконструкции дороги, является базой для планирования объемов строительного-монтажных работ и заключения подрядных договоров.

Смета определяет предельный размер затрат и позволяет контролировать правильность расходования средств в процессе строительства, служит важным документом технико-экономического анализа деятельности строительной организации.

В состав сметных материалов к техническому проекту входят: сводная смета на промышленное и жилищно-гражданское строительство (по новостройке в целом) с пояснительной запиской; сметы и сметно-финансовые расчеты на все виды строительных работ зданий и сооружений, предусмотренных проектом; сметно-финансовые расчеты на приобретение и монтаж всех видов оборудования; сметы на сооружение энергетических и осветительных сетей; сметно-финансовые расчеты на временные здания и сооружения, на прочие работы и затраты, на авторский надзор, на выполнение научно-исследовательских работ, связанных с намеченным строительством, на содержание дирекции строящегося предприятия, технадзора заказчика, непредвиденные затраты; смета на проектно-испытательские работы; сметно-финансовый расчет на приобретение инструмента, приспособлений и т. д.; расчет возвратных сумм.

Проектирование крупных и сложных объектов дорожного строительства осуществляется, как правило, на базе технико-экономических обоснований (ТЭО) или основных проектных решений (ОПР), разрабатываемых проектной организацией по укрупненным показателям для определения ориентировочной стоимости всего строительства и эффективности капитальных вложений.

Разработка сметной документации начинается со сбора исходных данных, отражающих местные условия: ситуационный план района расположения строительной площадки, где представлено расположение карьеров и заводов местных материалов, подсобных предприятий и базисных складов строительства, ближайших железнодорожных станций, пристаней, автомобильных дорог и расстояния до строительной площадки; справка о местах получения местных строительных материалов, сборного железобетона и т. д.; справка заказчика (дирекции строительства) об источниках поступления основных строительных материалов; акт измерения расстояний перевозок автомобилями с указанием технического состояния автомобильных дорог; справка о способах получения воды, электроэнергии, пара и т. д.

Основанием для составления смет являются единичные расценки на отдельные виды работ и конструктивные элементы, составляемые на основании действующих СНиПов.

Состав сметной документации и степень ее детализации определяются стадиями проектирования.

На стадии технического (техно-рабочего) проекта для определения сметной стоимости строительства составляется сводная смета с учетом затрат на непредвиденные расходы — при двухстадийном строительстве 10% сметной стоимости строительства, при одностадийном — 5%. Данный резерв расходуется с разрешения дирекции строящейся дороги.

Сметная документация на второй стадии — стадии рабочих чертежей — уточняет сметную стоимость строительства исходя из конкретных условий его осуществления.

Для определения стоимости строительства проектируемого сооружения составляют следующую сметную документацию: кальку-

Табл. 10.3. Перечень сборников ЕРЕР

Номер сборника	Наименование сборников ЕРЕР	Глава IV части СНиП, по которым составлены расценки
1	Земляные работы	IV-10
2	Гидромеханизированные земляные работы	IV-10
3	Земляные сооружения и работы в водохозяйственном строительстве	IV-10
4	Горно-вскрышные работы	IV-10
5	Буровзрывные работы	IV-13
6	Искусственное водопонижение и осушение	IV-14, IV-6
7	Свайные работы	IV-17
8	Работы по реконструкции промышленных зданий и сооружений	IV-60
9	Кессоны и опускные колодцы	IV-18
10	Озеленение. Защитные лесонасаждения	IV-15
11	Железобетонные и бетонные конструкции сборные	IV-19
12	Железобетонные и бетонные конструкции монолитные	IV-20
13	Каменные конструкции	IV-21
14	Металлические конструкции	IV-22
15	Деревянные конструкции	IV-23
16	Полы. Кровли. Мусоропроводы	IV-25
17	Отделочные работы	IV-27
18	Конструкции из асбоцемента и пластмасс	IV-24
19	Теплоизоляционные работы	IV-28
20	Антикоррозийная защита строительных конструкций	IV-27-1
21	Конструкции из местных материалов для сельского строительства	IV-59
22	Промышленные печи и трубы	IV-29
23	Внутренние трубопроводы. Водопровод и канализация — внутренние устройства. Отопление	IV-30; IV-31;
24	Вентиляция и кондиционирование воздуха	IV-32
25	Газоснабжение — внутренние устройства	IV-33
26	Водоснабжение и канализация — наружные сети	IV-34
27	Скважины	IV-38; IV-40
28	Теплоснабжение — наружные сети, золошлакопроводы	IV-39
29	Магистральные и промысловые трубопроводы	IV-41; IV-42
30	Железные дороги	IV-37
31	Трамвайные пути	IV-43
32	Автомобильные дороги	IV-44
33	Аэродромы	IV-45
34	Мосты и трубы	IV-47
35	Линии электропередач	IV-46
36	Сооружения связи, радиовещания и телевидения	IV-48
37	Гидротехнические сооружения (земляные, каменные, деревянные конструкции, берегоукрепительные и гидроизоляционные работы)	IV-49
38	Гидротехнические сооружения (бетонные, железобетонные и металлические конструкции)	IV-11; IV-53; IV-55; IV-57; IV-58
39	Тоннели	IV-52; IV-54
40	Горнопроходческие работы	IV-51
41	Подводно-строительные (водолазные) работы	IV-59
42	Временные здания и сооружения	IV-56; IV-62
		IV-63

ляцию транспортных расходов; калькуляцию стоимости материалов и изделий; единичные расценки на отдельные виды работ; каталог единичных расценок; сметы на отдельные объекты; на оборудование и его монтаж; сводную смету; сводку затрат.

Сметную документацию разрабатывают в следующем порядке:

**I этап** — определение сметной стоимости единицы строительных материалов, изделий и конструкций франко-строительный объект.

При строительстве автомобильных лесовозных дорог стоимость материалов, конструкций и изделий составляет около 60 % общей сметной стоимости.

Сметная стоимость единицы материалов складывается из следующих элементов: отпускной цены; наценки снабженческо-сбытовых организаций; затрат на тару и реквизит; заготовительно-складских и транспортных расходов.

**II этап** — составление единичных расценок на все виды строительных работ и привязка их к местным условиям строительства. Перечень сборников ЕРЕР см. в табл. 10.3.

**III этап** — разработка частных смет на отдельные виды работ и конструктивные элементы. Частные сметы технического проекта составляются на основе ведомостей объемов работ и укрупненных показателей сметной стоимости на принятый измеритель.

**IV этап** — составление сводной сметы и сводки затрат на основе частных смет по видам работ (табл. 10.4, 10.5). Сводная смета служит основанием для финансирования строительства. Она устанавливает сметную стоимость строительства и представляет собой сводку всех затрат, которые определены частными сметами по отдельным видам работ.

В сводной смете дается распределение затрат по структуре капиталовложений. Приводятся показатели стоимости по каждому конструктивному элементу и объекту строительства, исчисленные на единицу измерения (1 км дороги, 1 пог. м моста).

Сводная смета делится на главы, глава — на статьи, которые соответствуют частным сметам.

Сводная смета на строительство автомобильной лесовозной дороги включает следующие главы:

- Глава 1. Освоение трассы и подготовительные работы.
- Глава 2. Земляное полотно.
- Глава 3. Дорожная одежда.
- Глава 4. Искусственные сооружения.
- Глава 5. Связь и электроснабжение.
- Глава 6. Здания и сооружения дорожной службы.
- Глава 7. Обстановка и принадлежности дороги.
- Глава 8. Подъезды (ветки, усы).
- Глава 9. Временные здания и сооружения.
- Глава 10. Прочие работы и затраты.
- Глава 11. Содержание дирекции строящейся дороги.
- Глава 12. Проектно-изыскательские работы.

В конце сводной сметы предусматривается сумма, которая резервируется на непредвиденные работы. К сводной смете прилагают

Табл. 10.4. Сводная смета

Министерство, ведомство

Сводная смета  
на строительство автомобильной дороги от п. А до п. Б  
Первая очередь, участок 0-10 км

Сводная смета в сумме \_\_\_\_\_ тыс. руб.

В том числе возвратных сумм \_\_\_\_\_ тыс. руб.

Утверждена:

(ссылка на документ об утверждении)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 197 г.

Составлена в ценах 1969 г.

Номер смет	Наименования глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.				Общая сметная стоимость, тыс. руб.
		строительных работ	монтажных работ	оборудования, приспособлений и производственного инвентаря	прочих затрат	
1	2	3	4	5	6	7
Глава I. Подготовка территории строительства						
Расчет № 1	Оформление земельного участка: а) отвод земельного участка:	—	—	—	0,44	0,44
Расчет № 2	б) восстановление трассы и разбивка основных осей сооружения	—	—	—	0,4	0,4
	Итого по п. 1				0,84	0,84
Смета № 1	Освоение территории строительства: а) рубка, корчевка леса и кустарника	0,1	—	—	—	0,1
Смета № 2	б) перенос линий связи	1,8	—	—	—	1,8
	Итого по п. 2	1,9	—	—	—	1,9
Расчет № 3	Возмещение расходов и компенсации: а) возмещение расходов на освоение новых земель взамен отводимых для строительства	—	—	—	2,4	2,4
Расчет № 4	б) приведение временно занимаемых земель в состояние, пригодное для землепользования (рекультивация)	1,0	—	—	—	1,0
	Итого по п. 3	1,0	—	—	2,4	3,4
	Итого по гл. I	2,9	—	—	3,24	6,14

1	2	3	4	5	6	7
Глава II. Земляное полотно						
Смета № 3	Возведение земляного полотна с водоотводами и укрепительными работами	125,0	—	—	—	125,0
Итого по гл. II		125,0	—	—	—	125,0
Глава III. Искусственные сооружения						
Смета № 4	Трубы и лотки: а) железобетонная круглая труба отверстием 1,5 м на пк 0 + 00	3,1	—	—	—	3,1
Итого по гл. III		3,1	—	—	—	3,1
Глава IV. Дорожная одежда						
Смета № 5	Дорожная одежда основной трассы	165,5	—	—	—	165,5
Итого по гл. IV		165,5	—	—	—	165,5
Глава V. Устройство связи						
Линии связи дорожные		—	—	—	—	—
Итого по гл. V		—	—	—	—	—
Глава VI. Здания и сооружения дорожной и автотранспортной служб						
Смета № 8	Автопавильоны на пк 0 + 00	1,1	—	—	—	1,1
Итого по гл. VI		1,1	—	—	—	1,1
Глава VII. Обстановка и принадлежности дороги						
Смета № 7	Дорожные знаки	1,5	—	—	—	1,5
Смета № 8	Ограждения	0,5	—	—	—	0,5
Итого по гл. VII		2,0	—	—	—	2,0
Глава VIII. Подъезды к городам, железнодорожным станциям						
Подъезд		—	—	—	—	—
Итого по гл. VIII		—	—	—	—	—
Итого по гл. I...VIII		299,6	—	—	3,24	302,84



1	2	3	4	5	6	7
Глава IX. Временные здания и сооружения						
СНиП IV-7	Временные здания и сооруже- ния, учитываемые нормами СНиП	2,4	—	—	—	2,4
	Итого по гл. IX	2,4	—	—	—	2,4
	Итого по гл. I...IX	302,0	—	—	3,24	305,24
Глава X. Прочие работы и затраты						
Объект- ные сметы	Дополнительные затраты при производстве работ в зимнее время	6,0	—	—	—	6,0
	Итого по гл. X	6,0	—	—	—	6,0
Глава XI. Содержание дирекции строящейся дороги						
	Содержание дирекции	—	—	—	3,1	3,1
	Итого по гл. XI	—	—	—	3,1	3,1
Глава XII. Проектные и изыскательские работы						
	Проектно-изыскательские рабо- ты	—	—	—	4,5	4,5
	Итого по гл. XII	—	—	—	4,5	4,5
	Итого по гл. I...XII	308,0	—	—	10,84	318,84
	Накладные расходы					46,23
	Плановые накопления					19,13
	Резерв на непредвиденные работы					4,7
	Итого по смете					388,9
	Стоимость 1 км дороги					38,89

Примечания: 1. Сводная смета составлена по сокращенной номенклатуре объектов и затрат.

2. Сводная смета должна иметь подписи руководителя проектного института, главного инженера проекта и начальника сметного отдела, а также подписи представителя заказчика и подрядной строительной организации, согласовывающих смету.

пояснительную записку, которая должна содержать сведения о принятых способах определения сметной стоимости сооружения в целом и отдельных видов работ, о территориальном районе, тарифном поясе, размерах накладных расходов, являющиеся основанием для определения особых условий осуществления строительства.

Табл. 10.5. Сводка затрат

Министерство, ведомство

Сводка

затрат по строительству автомобильной дороги от п. А до п. Б

Сводка затрат в сумме \_\_\_\_\_ тыс. руб.

В том числе возвратных сумм \_\_\_\_\_ тыс. руб.

Утверждена:

(ссылка на документ об утверждении)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 197 г. Составлена в ценах 1969 г.

Наименование	Строительство объектов производственного назначения	Итого
Сметная стоимость, тыс. руб.	388,9	388,9
Технико-экономические показатели: стоимость одного километра дороги, тыс. руб.	38,89	38,89

Составлена \_\_\_\_\_  
(наименование проектной организации)

«\_\_\_» ..... 197 г.

Примечание. Сводку затрат подписывают руководство проектной организации, главный инженер проекта и начальник сметного отдела.

#### 10.4. Производительность труда, кадры и заработная плата в дорожно-строительных организациях лесной промышленности

Показателем производительности труда в строительстве является выработка, определяемая количеством продукции определенного качества, произведенной за некоторый период времени (час, смену, месяц, год) одним работающим или рабочим. Производительность труда может быть определена по формуле

$$П = \frac{V}{T},$$

где  $V$  — объем произведенной продукции;  $T$  — отработанное время. Обратное отношение  $\frac{T}{V}$  определяет количество рабочего времени, затраченного на единицу продукции, т. е. трудоемкость.

Принципиальная схема повышения производительности труда в строительстве приведена на рис. 10.5.

К основным факторам, улучшающим организацию труда, относятся: применение научной организации труда (НОТ) на рабочих местах; внедрение передового опыта организации труда; обеспечение высокой производительности и трудовой дисциплины, устране-

ние потерь рабочего времени; внедрение технически обоснованных норм выработки и норм времени; применение рациональной системы оплаты труда.

Современное дорожно-строительное производство требует от рабочих высокой производственной квалификации. Несоответствие между технической вооруженностью труда и подготовкой кадров приводит к снижению производительности труда, недоиспользова-

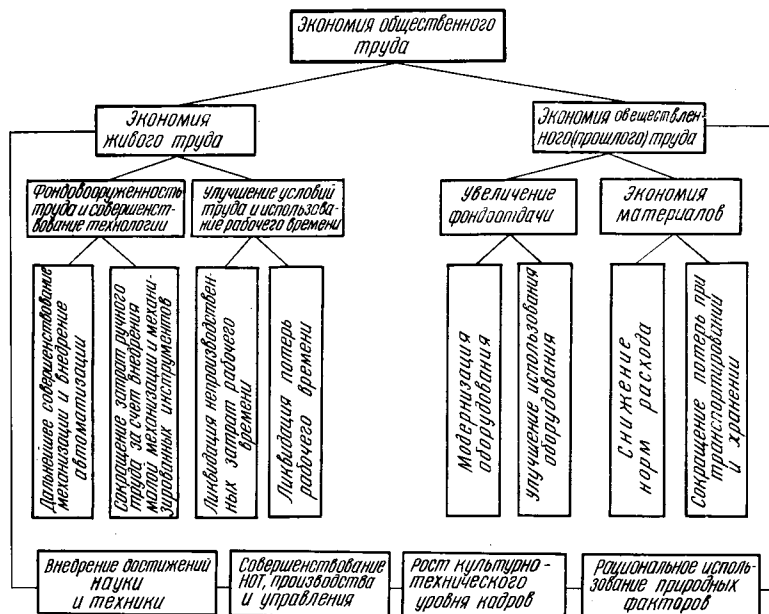


Рис. 10.5. Схема повышения общественного труда в строительстве

нию производственных мощностей, снижению качества работ. Под квалификацией понимается уровень профессиональных знаний и специальных производственных навыков, необходимых для выполнения работы определенной сложности, точности и ответственности. По мере ликвидации ручного труда ведущей профессией в дорожном строительстве становится машинист широкого профиля. Однако следует отметить, что квалификация рабочих все еще находится не на достаточно высоком уровне. Поэтому повышение квалификации и подготовка кадров имеет первостепенное значение.

Труд рабочих, занятых на строительстве и ремонтно-строительных работах, независимо от ведомственной принадлежности оплачивается по единой системе.

В СССР применяется тарифная система оплаты труда, представляющая собой совокупность нормативов, с помощью которых осуществляется дифференцирование и регулирование заработной платы рабочих. Тарифная система включает: тарифные ставки, тарифные сетки, утверждаемые правительством, и тарифно-квали-

фикационный справочник, утверждаемый Государственным комитетом СССР по труду и социальным вопросам и ВЦСПС.

**Т а р и ф н а я   с т а в к а** — основная нормативная величина, определяющая размер оплаты труда всех категорий рабочих. Для оплаты труда рабочих, занятых на строительстве и ремонтно-строительных работах в лесной отрасли, установлены следующие тарифные ставки при 7-часовом рабочем дне:

тарифные разряды	I	II	III	IV	V	VI
часовые тарифные ставки, коп.	43,8	49,3	55,5	62,5	70,2	79,0

Рабочим, занятым на тяжелых работах и на работах с вредными условиями труда, тарифные ставки повышаются на 8%, а занятым на работах с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда — на 17%.

**Т а р и ф н а я   с е т к а** — совокупность тарифных разрядов, характеризующих степень сложности, трудности и ответственности работ, а также соответствующих каждому разряду тарифных коэффициентов. В табл. 10.6 приведена 6-разрядная тарифная сетка,

Табл. 10.6. Тарифная сетка

Показатели	Разряды					
	I	II	III	IV	V	VI
Тарифные коэффициенты	1,0	1,125	1,267	1,427	1,603	1,804
Абсолютный прирост к предыдущему разряду	—	0,125	0,142	0,160	0,176	0,201
Относительный прирост к предыдущему разряду, %	—	12,5	12,6	12,6	12,3	12,5

установленная для рабочих предприятий лесной промышленности. Тарифный коэффициент показывает, во сколько раз тарифная ставка соответствующего разряда превышает тарифную ставку I разряда, и определяется по формуле

$$K_i = \frac{T_i}{T_I},$$

где  $T_i$  — тарифная ставка данного разряда;  $T_I$  — тарифная ставка I разряда.

В отличие от тарифных ставок тарифные сетки не учитывают условий труда, но позволяют учитывать его качество. Следовательно, можно определить средний разряд работ и рабочих как по номеру разряда, так и по тарифным коэффициентам.

Для установления показателей, характеризующих деятельность отдельных участков, бригад, подразделений дорожного строительства, используют средние тарифные коэффициенты, разряд и ставку.

Средний тарифный коэффициент определяется как средневзвешенная арифметическая величина по следующей формуле:

$$K = \frac{P_i P_i}{\sum P_i},$$

где  $P_i$  — тарифный коэффициент соответствующего разряда;  $P_i$  — численность рабочих по каждому разряду.

Средний тарифный разряд рабочих (работ) можно определить по следующим формулам:

$$P_c = P_m + \frac{K_c - K_m}{K_6 - K_c} \quad \text{или} \quad P_c = P_6 - \frac{K_6 - K_c}{K_6 - K_m},$$

где  $P_m$  — тарифный разряд, соответствующий меньшему из двух смежных тарифных коэффициентов тарифной сетки, между которыми находится известный средний тарифный коэффициент;  $P_6$  — тарифный разряд, соответствующий большему из двух смежных тарифных коэффициентов тарифной сетки, между которыми находится известный средний тарифный коэффициент;  $K_c$  — средний тарифный коэффициент рабочих (работ);  $K_m$  — меньший из двух смежных тарифных коэффициентов тарифной сетки, между которыми находится известный средний тарифный коэффициент;  $K_6$  — больший из двух смежных тарифных коэффициентов тарифной сетки, между которыми находится известный тарифный коэффициент.

При помощи тарифной сетки облегчается возможность выявить несоответствие между квалификацией работы и рабочего, что имеет большое значение при планировании численности рабочих, проведении перетарификации и подготовки и переподготовки квалифицированных кадров.

В настоящее время на предприятиях лесной промышленности для тарификации работ и присвоения квалификационных разрядов рабочим применяется «Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих народного хозяйства СССР», утвержденный постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы и ВЦСПС от 19 сентября 1968 г. № 300/27. Он является основой правильной оплаты труда рабочих по выполняемой работе и представляет собой сборник производственных характеристик всех основных видов работ данного производства и основных требований, предъявляемых рабочим определенной квалификации.

Труд рабочих и служащих оплачивается повременнo или сдельнo. Для усиления материальной заинтересованности рабочих и служащих в выполнении и перевыполнении производственных планов, повышении эффективности и рентабельности производства, в росте производительности труда, улучшении качества продукции и экономии ресурсов могут вводиться повременнo-премиальные и сдельнo-премиальные системы оплаты труда, а также сдельные с выплатой премий за выполнение аккордного задания в срок и досрочно.

В районах с тяжелыми погоднo-климатическими условиями введены районные коэффициенты к заработной плате. Для работников лесозаготовительных, лесосплавных, лесоперевалочных предприятий, химвлесхозов и лесхозов в зависимости от их территориального расположения утверждены следующие районные коэффициенты к заработной плате.

Алтайский край	1,15
Амурская область, районы:	
Джелтулакский, Зейский и Селемджинский	1,30
остальные районы	1,20
Архангельская область, районы:	
Ненецкий национальный округ	1,50
Мезенский и Лешуконский	1,30
остальные районы	1,20
Башкирская АССР	1,15
Бурятская АССР, районы:	
Северо-Байкальский и Боунтовский	1,30
остальные районы	1,20
Вологодская область	1,15
Иркутская область, районы:	
территории местностей, приравненных к районам Крайнего Севера	1,40
остальные районы	1,20
Казахская ССР:	
Восточно-Казахстанская область	1,20
Карельская АССР, районы	
Лоухский	1,30
Беломорский, Кадевальский, Кемский, Пудожский, Медвежьегорский, Сегежский	1,20
остальные районы	1,15
Кемеровская область	1,15
Камчатская область, районы:	
Командорские острова и Корякский национальный округ	2,00
остальные районы	1,80
Коми АССР, районы:	
г. Воркута с территорией, подчиненной горсовету, и часть Интинского района, расположенная к северу от Полярного круга	1,50
Усть-Цилемский, Ухтинский, Троицко-Печерский, Ижемский, Печорский и Удорский	1,30
остальные районы	1,20
Красноярский край, районы:	
г. Норильск	1,80
Таймырский национальный округ, северные части Эвенкийского национального округа и Туруханского района (севернее рек Нижняя Тунгуска и Турухан), а также населенные пункты Юхта и Ногинск Эвенкийского национального округа	1,60
г. Игарка с территорией, подчиненной горсовету, Северо-Енисейский, Удерецкий, Богучинский, Кежемский, Енисейский, южные части Эвенкийского национального округа и Туруханского района (южнее рек Нижняя Тунгуска и Турухан), за исключением населенных пунктов Юхты и Ногинска, г. Енисейск с территорией, подчиненной горсовету	1,30
остальные районы	1,20
Курганская область	1,15
Кировская область, районы:	
Кайский, Нагорский, Омутнинский, Белохолуницкий, Зуевский, Слободской, Кирово-Чепецкий, Котельничевский, Даровский, Верхнекамский, Мурашинский, Подосиновский, Лальский, Шабалинский и Халтуринский	1,15
Костромская область, районы:	
Буйский, Галичский, Солигаличский, Чухломский, Судиславский, Нейский, Мантуровский, Кологривский, Межевский, Шарьинский, Поназыревский, Вохомский, Пушкинский, Павинский и Парфеньевский	1,15
Магаданская область, районы:	
Чукотский национальный округ	2,00
остальные районы	1,70
Мурманская область	1,40
Новосибирская область	1,15

Омская область	1,15
Оренбургская область, районы:	
Адамовский, Домбаровский, Кваркенский, Новоорский, Новопокровский, Халиловский, Кувандыкский и города: Медногорск, Новотроицк и Орск с территориями, подчиненными их горсоветам	1,15
Приморский край	1,20
Пермская область, районы:	
Чердынский, Ныробский, Красновишерский и г. Соликамск с территорией, подчиненной горсовету, районы Коми-Пермяцкого национального округа:	
Косинский, Кочевский и Гайнский	1,20
остальные районы	1,15
Таджикская ССР:	
Горно-Бадахшанская автономная область	1,20
Сахалинская область, районы:	
Курильские острова	2,00
Рыбновский и Восточно-Сахалинский районы и город Оха с территорией, подчиненной горсовету	1,80
остальные районы	1,60
Свердловская область, районы:	
Горинский, Таборинский, города:	
Ивдель, Северо-Уральск, Краснотурьинск, Карпинск с территориями, подчиненными горсоветам	1,20
остальные районы	1,15
Томская область, районы:	
На территории, расположенной севернее 60° северной широты	1,70
Александровский, Чапинский, Первомайский, Верхнекетский, Карга-сокский, Парабельский и г. Колпашево с территорией, подчиненной горсовету, за исключением территории, расположенной севернее 60° северной широты	1,30
остальные районы	1,20
Тюменская область, районы:	
На территории, расположенной севернее 60° северной широты, и Кондинский лесопромышленный комбинат	1,70
Ханты-Мансийский национальный округ, за исключением территории, расположенной севернее 60° северной широты и Кондинского лесопромышленного комбината	1,30
остальные районы	1,15
Удмуртская АССР	1,15
Тувинская АССР, районы:	
все районы, за исключением г. Кызыла	1,30
г. Кызыл	1,20
Хабаровский край, районы:	
Охотский	1,60
Аяно-Майский, Нижнеамурский, им. Полины Осипенко, Тахтинский, Тугуро-Чумиканский, Ульчский, Верхнебуреинский (севернее 51° северной широты), г. Советская Гавань с территорией, подчиненной горсовету, г. Николаевск-на-Амуре	1,40
остальные районы	1,20
Читинская область, районы:	
Каларский, Тунгиро-Олекминский и Тунгокоченский	1,30
остальные районы	1,20
Челябинская область	1,15
Якутская АССР, районы:	
территория предприятий и строек алмазодобывающей промышленности на месторождениях «Айхал» и «Удачная»	2,00
г. Мирный с территорией, подчиненной Мирненскому горсовету и Ленский район севернее 61° северной широты	1,70
Абыйский, Аллаиховский, Анабарский, Булунский, Верхневилуйский,	1,60

Верхнеколымский, Верхоянский, Виллойский, Жиганский, Кобянский, Момский, Нижнеколымский, Нюрбинский, Оймяконский, Оленекский, Саккырырский, Среднеколымский, Сунтарский, Томпонский  
остальные районы 1,40  
Острова Северного Ледовитого океана и его морей (за исключением 2,00  
о. Диксон и островов Белого моря)

Районный коэффициент применяется по месту фактической постоянной работы независимо от местонахождения предприятия, организации, учреждения, в штате которого состоит работник. Районные коэффициенты начисляются не на тарифные ставки или должностные оклады, а на заработную плату работников, включая другие виды заработка (например, премии, предусмотренные системой оплаты труда). Это позволяет наряду с едиными нормами выработки установить на одни и те же работы одинаковые расценки для оплаты труда рабочих независимо от местонахождения предприятия.

При сдельной оплате труда районный коэффициент применяется ко всему сдельному заработку работника, полученной премии, оплате за сверхурочную работу и другим видам получаемой заработной платы.

Районные коэффициенты начисляются на заработок до 300 руб. в месяц. При заработке свыше 300 руб. коэффициент начисляется только на часть его, соответствующую 300 руб.

## 10.5. Себестоимость производства дорожно-строительных работ

Сметная стоимость лесовозных дорог включает все общественно необходимые затраты на ее постройку. Себестоимость работ является частью общественно необходимых издержек, включая затраты, произведенные строительной организацией: прямые затраты и накладные расходы, плановые накопления не включаются.

В состав прямых затрат входят: стоимость материалов; основная заработная плата рабочих; расходы по эксплуатации машин и др. Накладные расходы включают следующие затраты: административно-хозяйственные расходы; расходы по обслуживанию рабочих; расходы по организации и производству работ.

Эффективность работы дорожно-строительных организаций определяется уровнем себестоимости строительно-монтажных работ по отношению к их сметной стоимости.

Разница между сметной стоимостью строительно-монтажных работ и их себестоимостью состоит из плановых накоплений и экономии от снижения себестоимости строительных работ в соответствии с директивными заданиями. Связь между ними может быть выражена следующей зависимостью:  $C = C_{см} - (H + Э) + K$ , где  $C_{см}$  — сметная стоимость;  $H$  — накопления, предусмотренные в сметах, до 6% от суммы прямых затрат и накладных расходов;  $Э$  — экономия от снижения себестоимости, достигнутая в результате осуществления строительных работ с меньшей суммой затрат по сравнению с пре-



дусмотренной на эти цели сметой;  $K$  — компенсации сверх сметной стоимости, выплачиваемые подрядной дорожно-строительной организацией.

Структура и соотношение сметной стоимости и себестоимости строительно-монтажных работ представлены на рис. 10.6.

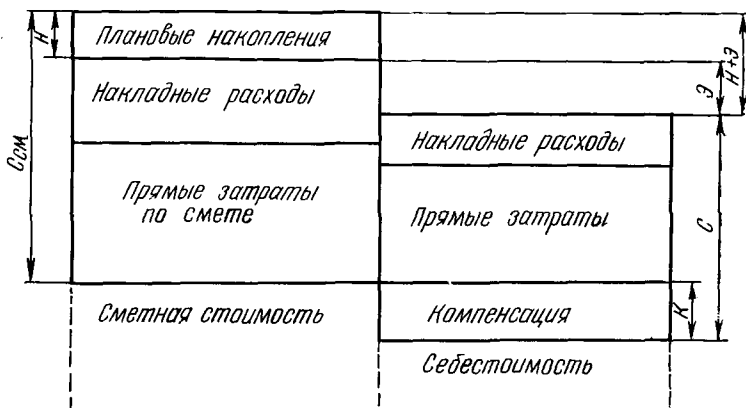


Рис. 10.6. Структура и соотношение сметной стоимости и себестоимости

## 10.6. Организация финансирования строительства и хозяйственный расчет в дорожно-строительных организациях лесной промышленности

Строительство автомобильных лесовозных дорог (магистралей и веток со сроком эксплуатации более трех лет) ведется в соответствии с планом развития лесной отрасли. Источниками финансирования являются: централизованные капитальные вложения из государственного бюджета (для крупных объектов); фонд развития производства предприятия и кредиты банка.

Временные лесовозные дороги строятся за счет эксплуатационных средств, и расходы на их постройку относят на себестоимость лесопroduкции.

В настоящее время финансирование дорожного строительства на действующих лесозаготовительных, лесосплавных, лесоперевалочных предприятиях и в химлесхозах осуществляется за счет отчислений от себестоимости продукции лесозаготовки. Стоимость введенных в эксплуатацию дорог, построенных за счет отчислений от себестоимости, не включается в состав основных фондов и не учитывается при исчислении рентабельности и фондоотдачи, а также не производится плата за фонды и амортизационные отчисления от их стоимости.

Финансирование строительства осуществляется только в том случае, если объекты обеспечены проектами и сметами. Это предусмотрено «Правилами финансирования строительства», утвержден-

ными постановлением Совета Министров СССР от 8 октября 1965 г. № 746.

Стройбанк открывает стройке счет по финансированию вновь начинаемых или переходящих строительных объектов при представлении: титульного списка капитальных работ; плана капитального строительства; утвержденной свободной сметы, составленной проектной организацией, разрабатывающей технический проект дороги; плана финансирования капиталовложений; справки о наличии утвержденной проектно-сметной документации; утвержденного годового плана капитальных работ.

Банк осуществляет контроль за использованием средств по назначению, проверяет достоверность предусмотренных документов.

Пределом финансирования является сметная стоимость строительства. Если в процессе строительства появляется необходимость в дополнительных затратах, пересматривают сводную смету. Заказчик в установленном порядке обеспечивает переутверждение сметы, правильность которой проверяется документально учреждениями Стройбанка СССР.

Хозрасчет — это метод социалистического хозяйствования, посредством которого предприятия возмещают свои затраты доходами от реализации производственной продукции по плановым ценам и обеспечивают получение прибыли в результате своей хозяйственной деятельности.

За счет отчислений от получаемых прибылей хозрасчетная организация имеет фонды экономического стимулирования. Средства этих фондов направляются на премирование работников, улучшение культурно-бытовых условий работающих, строительство жилых домов, культурных и детских учреждений, приобретение путевок в дома отдыха и санатории и др. Кроме того, часть полученной прибыли предприятия направляют на пополнение норматива соответственных оборотных средств, расширение и реконструкцию производства: приобретение новой техники, что в свою очередь способствует непрерывному росту производительности общественного труда.

Хозрасчет позволяет осуществлять постоянный денежный контроль над деятельностью организации в целом и ее отдельных звеньев. Положительные результаты хозрасчетной деятельности участков стимулируются определенной системой премий (за ввод объектов в срок и досрочно, за выполнение квартальных планов и т. д.).

Важным фактором повышения эффективности и качества строительства лесовозных дорог станет дальнейшее внедрение бригадного подряда, начинателем которого является комплексная бригада Богучанского СУ-38 треста «Красноярсклесстрой», возглавляемая Ю. П. Плотниковым. С 1972 г. бригада работает по этому методу. В системе объединения «Союзлесстрой» бригадой построено около 140 км лесовозных дорог только с хорошим и отличным качеством.

В 1972 г. в объединении «Союзлесстрой» были организованы 62 хозрасчетные бригады, в 1973 — 167, в 1974 — 260, в 1975 — 324, в 1976 — 392 бригады численностью более 5 тыс. человек. В 1976 го-

ду такими бригадами был освоен объем строительного-монтажных работ на сумму 38246,4 тыс. руб., что составляет 129,4% к плану. На дорожном строительстве работала 101 хозрасчетная бригада, которая ввела 628 км лесовозных дорог и 14 мостов с высоким качеством работ, выполнив объем строительного-монтажных работ на сумму 15830,5 тыс. руб., прибыль составила 743,5 тыс. руб.

В 1977 г. коллективы строителей лесовозных дорог объединения «Союзлесстрой» при 100%-ном подряде на дорожном строительстве ввели в эксплуатацию досрочно и с высоким качеством 1450 км лесовозных дорог.

Правильная организация труда и прогрессивные формы оплаты, максимальная механизация, слаженная работа членов бригад, высокая дисциплина, строгий контроль способствуют повышению производительности труда и выполнению работ на дорожном строительстве с отличным качеством.

### 10.7. Сравнение вариантов при проектировании сухопутного транспорта леса

При сравнении вариантов освоения лесосырьевой базы различными видами транспорта капитальные вложения определяют с учетом освоения всей сырьевой базы, причем необходимо учитывать, что строительство лесовозных дорог производится несколькими очередями. Расстояние вывозки условно принимают равным среднему расстоянию, которое определяют как частное от деления суммарной грузовой работы на ликвидный запас древесины.

Лучший вариант освоения лесосырьевой базы определяется наименьшей суммой приведенных затрат, которую можно определить по формуле проф. Б. А. Ильина (при ежегодных капитальных вложениях за пределами первой очереди):

$$C_{\text{ср}} + E_{\text{н}} \left\{ K_1 + \frac{K - K_1}{n - t} \left[ \frac{1}{(1 + E_{\text{н}})^{t+1}} + \frac{1}{(1 + E_{\text{н}})^{t+2}} + \dots + \frac{1}{(1 + E_{\text{н}})^{n-t}} \right] \right\} = \min$$

или

$$C_{\text{ср}} + E_{\text{н}} [K_1 + (K - K_1) \gamma_0] = \min,$$

где  $C_{\text{ср}}$  — себестоимость вывозки леса в год (средняя по базе), руб.;  $E_{\text{н}}$  — нормативный коэффициент сравнительной эффективности;  $K$  — полный размер капитальных затрат на транспортное освоение всей базы, руб.;  $K_1$  — капитальные вложения в первую очередь строительства, руб.;  $n$  — срок эксплуатации сырьевой базы, год;  $t$  — период времени с момента окончания строительства первой очереди до начала строительства второй;  $\gamma_0$  — коэффициент учета отдаленности капитальных вложений в последующие очереди строительства (кроме первой).

## 10.8. Себестоимость вывозки древесины

Себестоимость вывозки древесины по автомобильным лесовозным дорогам включает следующие статьи затрат:

- 1) основную и дополнительную зарплату шоферов;
- 2) отчисления на социальное страхование (4,7% от ст. 1);
- 3) затраты по эксплуатации лесовозных автомобилей;
- 4) затраты по содержанию лесовозных дорог;
- 5) прочие производственные расходы.

Затраты по ст. 1 определяются на основании действующей в лесной промышленности системы оплаты труда. Норма выработки зависит от нормообразующих факторов и устанавливается расчетом

$$H_B = \frac{[T_{\text{см}} - (T_{\text{п.-з}} + t_0 l_0)] Q}{l_M t_M + l_{\text{yc}} t_{\text{yc}} + t_B + t},$$

где  $T_{\text{см}}$  — продолжительность рабочей смены, мин;  $T_{\text{п.-з}}$  — время на подготовительно-заключительную работу на смену, мин;  $t_0$  — время пробега 1 км в обоих направлениях, мин;  $l_0$  — расстояние нулевого пробега в км (расстояние пробега автомобиля от его стоянки или гаража до лесовозной дороги и обратно);  $Q$  — нагрузка на рейс, м<sup>3</sup>;  $l_M$  — расстояние вывозки по магистрали, км;  $t_M$  — время пробега одного километра по магистрали в обоих направлениях, мин;  $l_{\text{yc}}$  — расстояние вывозки по усу, км;  $t_{\text{yc}}$  — время пробега одного километра по усу в обоих направлениях, мин;  $l$  — суммарное расстояние движения в порожнем направлении по магистрали и усу, км;  $t_B$  — время на ожидание встречного поезда на 1 км пробега в порожнем направлении, мин;  $t$  — время пребывания на складах на рейс, мин.

Себестоимость содержания лесовозных автомобилей складывается из следующих видов затрат:

- 1) основной и дополнительной зарплаты вспомогательных рабочих;
- 1а) основной зарплаты ИТР, служащих (завгаражом, диспетчеры);
- 2) отчислений на социальное страхование (4,7% от ст. 1 и 1а);
- 3) стоимости топлива;
- 4) материалов и износа;
- 5) амортизации;
- 6) текущего ремонта;
- 7) прочих затрат.

Ст. 1 содержит затраты по содержанию автопарка (техобслуживание машин, заправщики и др.). Зарплата определяется на основании тарифных ставок с учетом доплат, которые к тарифному фонду зарплаты составляют 15%, дополнительная зарплата — 12%.

Стоимость топлива определяется по действующим в лесной промышленности нормативам. Для автопоездов, работу которых учитывают в тонно-километрах, норма расхода топлива складывается из нормы на 100 км пробега без учета транспортной работы (табл. 10.7 и 10.8) и нормы на произведенную транспортную работу из расчета

Табл. 10.7. Нормы расхода топлива для автопоездов

Лесовозные автопоезда	Нормы расхода топлива на 100 км пробега, л
ЗИЛ-157 с роспуском ТМЗ-802	46
ЗИЛ-131 с роспуском ТМЗ-802	52
МАЗ-509 с роспуском ТМЗ-803	43
КрАЗ-255 с роспуском ТМЗ-803	56

Табл. 10.8. Нормы расхода эксплуатационных материалов и смазочных масел для автомобилей (100 л топлива)

Наименование материала	Нормы расхода
Моторные масла для автомобилей, л:	
с карбюраторными двигателями	3,5
с дизельными двигателями	5
Трансмиссионные масла для автомобилей, л:	
с одной ведущей осью	0,8
с несколькими ведущими осями	1,5
Консистентные смазки, кг	0,6

2,5 л на каждые 100 т · км для автомобилей с карбюраторными двигателями и 1,5 л на каждые 100 т · км для автомобилей с дизельными двигателями.

Затраты по ст. 4 включают стоимость износа малоценных предметов, обтирочных материалов, восстановления и ремонта автомобильных шин. Нормативы затрат на восстановление и ремонт автомобильных шин приведены в табл. 10.9.

Табл. 10.9. Нормативы затрат на восстановление и ремонт автомобильных шин

Марка автомобиля	Марка прицепа	Нормы расхода на 1000 км, руб.			
		на автомобиль работающий		на прицеп	на автопоезд
		без прицепа	с прицепом		
ЗИЛ-131А, ЗИЛ-157К	2-Р-8А	36,6	47,6	29,4	77,0
МАЗ-200, МАЗ-501, КрАЗ	2-Р-15А	36,3	47,1	49,0	96,1

В ст. 5 входит сумма амортизационных отчислений автомобилей, прицепов и гаража. Нормы амортизационных отчислений для автомобилей грузоподъемностью более 2 т и прицепов установлены на 1000 км пробега:

для автомобилей на полное восстановление — 0,3% от стоимости машины, на капитальный ремонт — 0,2%, для прицепов и полуприцепов всех марок соответственно 0,45 и 0,13%.

К общим нормам амортизационных отчислений применяются следующие коэффициенты: а) для автомобилей, работающих с прицепами, на каждый прицеп — 1,1; б) для автомобилей и прицепов, работающих в районах Крайнего Севера, а также в тяжелых дорожных условиях, — 1,3; в) для автомобилей, прицепов и полуприцепов, постоянно работающих на вывозке леса из лесосек, кроме

указанных выше двух коэффициентов, применяется дополнительный — 1,25.

Ст. 6 включает затраты по техническому уходу и текущему ремонту автомобилей и прицепов (табл. 10.10).

**Табл. 10.10. Средние нормы расходов денежных средств, планируемых на технический уход и текущий ремонт лесовозных автопоездов**

Лесовозные автопоезда, роспуски	Норма расходов на 1000 км пробега, руб.
ЗИЛ-157К + 2-Р-8	26,4
ЗИЛ-164 + 2-Р-8	21,2
ЗИЛ-131 + 2-Р-8	28,0
ЗИЛ-130 + 2-Р-8	23,1
МАЗ-501 + 2-Р-15	30,1
МАЗ-509П + 2-Р-15	31,3
КрАЗ-255Б + 2-Р-15	36,56
2-Р-15	4,57
2-Р-8	4,57
1-Р-4	3,06

Расходы по содержанию лесовозных автомобильных дорог включают:

- 1) основную и дополнительную зарплату дорожных рабочих;
- 2) основную и дополнительную зарплату ИТР, служащих;
- 3) отчисления на социальное страхование;
- 4) амортизацию;
- 5) услуги обслуживающих производств;
- 6) текущий ремонт (включает затраты только на материалы, так как затраты на зарплату и содержание дорожных машин учтены выше);
- 7) прочие расходы;
- 8) расходы на погашение затрат по строительству временных веток, усов и сезонных дорог.

Нормы амортизационных отчислений приведены в табл. 10.11. В ст. 5 входят затраты по содержанию дорожных машин.

**Табл. 10.11. Нормы амортизационных отчислений на производственные автомобильные дороги (в процентах к балансовой стоимости)**

Основные одежды	Общая норма амортизационных отчислений	В том числе	
		на полное восстановление	на капитальный ремонт
Цементно-бетонные	3,0	2,0	1,0
Асфальтобетонные	4,9	3,2	1,7
Черные щебеночные и черные гравийные	7,3	5,2	2,1
Щебеночные, гравийные, грунтовые со стабилизированными покрытиями (из вяжущих материалов) и колеиные железобетонные	8,4	6,3	2,1

На расходы по ст. 8, согласно «Инструкции по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции лесозэксплуатации» Минлесдревпрома СССР, утвержденной 19.IX.1972 г., составляется смета на строительство временных веток, усов и сезонных дорог.

### 10.9. Оплата труда рабочих, занятых на вывозке древесины

На лесовозном транспорте улучшается организация производства, совершенствуется технология технического обслуживания и ремонта транспортных средств, а также управления работой транспорта. Совершенствуется организация труда — внедряется НОТ, развивается социалистическое соревнование, повышаются моральные и материальные стимулы в достижении высоких производственных показателей, повышается культурно-профессиональный уровень работников.

Непременным условием организации оплаты труда является установление правильных соотношений между ростом производительности труда и заработной платы. Производительность труда должна опережать рост заработной платы, только на этой основе может повышаться реальная заработная плата, материальный и культурный уровень жизни народа.

Уровень квалификации водителей на вывозке леса определяется показателем классности. Основной расчетной тарифной ставкой является тарифная ставка водителя III класса. Тарифные ставки на лесовозном автомобильном транспорте определяют уровень оплаты труда в час. Они устанавливаются в зависимости от грузоподъемности автомобиля с прицепами-ропусками (табл. 10.12).

Табл. 10.12. Часовые тарифные ставки водителя автомобиля на вывозке леса, коп.

Грузоподъемность автомобиля с прицепами-ропусками, т	Часовые тарифные ставки, коп.
Свыше 3 до 5	68,5
То же 5 до 10	75,8
« » 10 до 20	83,8
« » 20 до 40	92,8
« » 40 до 60	102,7

Водителям автомобилей выплачивается ежемесячная надбавка за классность в следующих размерах (в процентах от установленной тарифной ставки за отработанное время): работающим на грузовых автомобилях водителям II класса — 10 и водителям I класса — 25. Выплачивается премия за экономию автомобильного топлива против установленных норм расходов при наличии учета его расхода в следующих размерах: водителям автомобилей до 25% стоимости сэкономленного карбюраторного топлива и до 12% стоимости сэкономленного дизельного автотракторного топлива.

Мелкие работы по устранению возникших в пути неисправностей, не требующих разборки механизмов автомобиля, входят в обязанность водителя и особой оплате не подлежат. При наличии подтверждающего документа о выполнении работ в пути по разборке механизмов автомобиля и устранению неисправностей его труд оплачивается по установленной тарифной ставке за фактически отработанное время.

Повышение эффективности лесозаготовительного производства требует улучшения использования лесосырьевых ресурсов, обеспечения комплексного ведения лесозаготовок и лесного хозяйства, увеличения объемов и повышения качества дорожного строительства, технического перевооружения и механизации производства, а также улучшения использования лесозаготовительных машин и оборудования.



## ЛИТЕРАТУРА

- Автомобильный транспорт леса.* М., «Лесная промышленность», 1973.
- Альбрехт В. Г., Золотарский А. Ф.* Современные конструкции верхнего строения железнодорожного пути. М., «Транспорт», 1975.
- Антонов А. М., Бочин В. А., Калечиц Е. В.* Организация и планирование дорожного строительства. М., «Транспорт», 1968.
- Бабков В. Ф., Андреев О. В., Замахав М. С.* Проектирование автомобильных дорог. Ч. I, II. М., «Транспорт», 1970.
- Бабков В. Ф., Безрук В. М.* Основы грунтоведения и механики грунтов. М., «Высшая школа», 1976.
- Безручко В. С., Капорцев Н. В., Каменский В. Б. М.,* «Транспорт», 1975.
- Белая Н. М., Прохоренко А. Г.* Лесотранспортные канатные установки. М., «Лесная промышленность», 1964.
- Бируля А. К.* Проектирование автомобильных дорог, ч. I. М., Автотрансиздат, 1961.
- Бочин В. А.* Основы организации и планирования строительства и ремонта автомобильных дорог. М., «Транспорт», 1972.
- Борошнев П. А., Ипполитов К. А., Тяняков В. С.* Справочник по заработной плате работников лесной промышленности. М., «Лесная промышленность», 1974.
- Васильев А. А., Мартынов Н. В.* Машины для земляных работ при строительстве дорог. М., «Машиностроение», 1970.
- Васильев А. А., Мартынов Н. В.* Машины для постройки и содержания автомобильных дорог. М., «Машиностроение», 1973.
- Венценовцев Ю. Н.* Основы теории лесопромышленных производств. М., «Лесная промышленность», 1966.
- Вейцман М. И., Егзов В. П.* Краткий справочник строителя автомобильных дорог. М., «Транспорт», 1972.
- Викулов С. Ф.* Организация и планирование производства в леспромхозах. Минск, «Высшая школа», 1976.
- Войнич Л. К., Прикащиков Р. Г.* Справочник молодого машиниста бульдозера, скрепера, грейдера. М., «Высшая школа», 1975.
- Волков М. И.* Дорожно-строительные материалы. М., «Транспорт», 1975.
- Вырко Н. П., Леонович И. И.* Дорожное грунтоведение с основами механики грунтов. Минск, «Высшая школа», 1977.
- Горбачевский В. А., Горбачевский В. В.* Двухступенчатая вывозка леса.— «Лесная промышленность», 1975, № 8.
- Горбачевский В. А.* Автомобильный транспорт леса. М., «Лесная промышленность», 1973.
- ГОСТы.* Вяжущие материалы, заполнители для бетонов и нерудные материалы. М., Издательство стандартов, 1973.
- Дорожные машины,* ч. I. М., «Машиностроение», 1972.
- Дорофеев А. Г.* Транспортное освоение лесных массивов.— «Лесная промышленность», 1972, № 1.
- Дорохов Б. А.* Новые схемы транспортного освоения лесосек.— «Лесная промышленность», 1972, № 6.
- Единые нормы выработки и расценки на лесозаготовительные работы.* М., «Лесная промышленность», 1974.
- Залит Н. Н.* Справочник по тепловозам промышленного транспорта. М., «Транспорт», 1974.

- Ильин Б. А.* Обоснование параметров и размещения путей лесотранспорта. М., «Лесная промышленность», 1965.
- Ильин Б. А., Корунов М. М., Кувалдин Б. И.* Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог. М., «Лесная промышленность», 1971.
- Ильин Б. А.* Определение оптимальной густоты сети лесовозных дорог — «Лесная промышленность», 1973, № 6.
- Ильин Б. А.* Об основных направлениях совершенствования дорожного строительства на лесозаготовках. — «Лесной журнал», 1976, № 6.
- Инструкция* по проектированию дорожных одежд нежесткого типа (ВСН 46—72). М., «Транспорт», 1973.
- Инструкция* по сооружению земляного полотна автомобильных дорог (ВСН 97—63). М., «Транспорт», 1964.
- Канарев П. И., Траценко В. П.* Самоходный агрегат ЛЛ-20. — «Строительные и дорожные машины», 1976, № 11.
- Карабан Г. Л., Баловнев В. И., Засив И. А.* Машины для содержания и ремонта автомобильных дорог и аэродромов. М., «Машиностроение», 1975.
- Качурин В. К.* Гибкие нити с малыми стрелками. М., «Машгиз», 1956.
- Кашинский М. И., Елифанов Б. Е., Смирненников П. С.* Эксплуатация и ремонт лесовозных дорог. М., «Лесная промышленность», 1964.
- Комаровская А. С.* Эксплуатация лесовозных узкоколейных железных дорог. М., «Лесная промышленность», 1964.
- Корунов М. М., Тагильцев Н. Д.* Примеры и задачи по сухопутному транспорту леса. М., «Лесная промышленность», 1976.
- Кристи М. К., Красеньков В. И.* Новые механизмы трансмиссий. М., «Машиностроение», 1967.
- Кувалдин Б. И.* Изыскания лесовозных дорог. М., «Лесная промышленность», 1974.
- Лебедев С. К., Щелкунов В. В.* К вопросу о размещении транспортной сети в лесном массиве. Архангельск, АЛТИ, сборник работ, т. X, 1947.
- Леонович И. И.* Автомобильные лесовозные дороги. Минск, «Высшая школа», 1965.
- Леонович И. И.* Строительство лесных дорог. Минск, «Высшая школа», 1970.
- Леонович И. И., Оковитый А. Л.* Эксплуатация лесных дорог. Минск, «Высшая школа», 1972.
- Леонович И. И., Вырко Н. П.* Механика земляного полотна. Минск, «Наука и техника», 1975.
- Лозовой Д. А., Покровский А. А.* Землеройно-транспортные машины. М., «Машиностроение», 1973.
- Лесовозный железнодорожный транспорт.* М., «Лесная промышленность», 1971.
- Лесозаготовки в горных районах СССР и за рубежом.* М., «Лесная промышленность», 1974.
- Лесосечные работы.* М., «Лесная промышленность», 1970.
- Мартынихин В. Д.* Трелевочная установка с одним тягово-несущим канатом. — «Лесозаготовка и лесное хозяйство», 1963, № 10.
- Мартынихин В. Д.* Новые виды трелевочных установок. Реферативная информация. — «Лесозаготовка и лесосплав», 1970, № 21.
- Мартынихин В. Д., Доменикан А. В.* Исследование тяговой способности рифленого канатопроводящего шкива. — Межведомственный республиканский сборник «Механизация лесоразработок и транспорт леса». Вып. 4, 1974.
- Мартынихин В. Д.* Графоаналитический расчет натяжения несущих канатов. — «Лесная промышленность», 1971, № 8.
- Матвейко А. П.* Технология и машины лесосечных и лесовосстановительных работ. Минск, «Высшая школа», 1975.
- Мейнерт В. А., Шамаков А. Т.* Дорожно-строительные машины. М., «Транспорт», 1968.
- Методические указания* по проектированию водоотводных устройств на лесовозных дорогах. Л., Гипрлестранс, 1972.
- Милковский М. А.* Справочник мастера лесовозных узкоколейных железных дорог колеи 750 мм. М.—Л., Гослесбуиздат, 1961.

*Могилевич В. М.* Основы организации дорожно-строительных работ. Минск, «Высшая школа», 1975.

*Могилевич В. М.* Основы организации дорожно-строительных работ. Минск, «Высшая школа», 1966.

*Наставления по изысканиям и проектированию железнодорожных мостовых переходов через водотоки.* М., «Транспорт», 1972.

*Нехорощев Ю. Л., Бейнарович С. И., Кипаренко П. П.* Железные дороги промышленных предприятий. Минск, «Высшая школа», 1976.

*Нормы расхода сырья и материалов в лесной промышленности.* М., «Лесная промышленность», 1973.

*Орлов С. Ф., Кочегаров В. Г.* Лесосечные работы без ручного труда. М., «Лесная промышленность», 1973.

*Перфилов М. А.* Многооперационные лесосечные машины. М., «Лесная промышленность», 1974.

*Платонов Г. А.* Сметы в дорожном строительстве. М., «Транспорт», 1973.

*Попов Д. А., Корчунов Н. К., Куклинов Б. А.* Сухопутный транспорт леса. М., Гослесбумиздат, 1963.

*Сиденко В. М.* Расчеты и регулирование водно-теплого режима дорожных одежд и земляного полотна. М., Автотрансиздат, 1962.

*Сиденко В. М., Батраков О. Т., Леушин А. И.* Технология строительства автомобильных дорог, ч. I, II. Киев, «Вища школа», 1970.

*Сиденко В. М., Михович С. И.* Эксплуатация автомобильных дорог. М., «Транспорт», 1976.

*СНИП III-Д. 5—62.* Автомобильные дороги. Правила организации строительства и производства работ. Приемка в эксплуатацию. М., Стройиздат, 1963.

*СНИП, ч. IV.* Сметные нормы. М., Стройиздат, 1965.

*Справочник мастера лесозаготовок.* Под редакцией В. А. Гашкевича. М., «Лесная промышленность», 1971.

*Справочник по дорожно-строительным материалам.* М., «Транспорт», 1972.

*Справочник инженера-механика дорожника.* Под общей редакцией Веймана М. И. М., «Транспорт», 1973.

*Справочник укрупненных сметных норм на ремонтно-строительные работы.* М., Стройиздат, 1969.

*Строительство автомобильных дорог.* Под редакцией Иванова Н. Н., ч. I. М., «Транспорт», 1969.

*Строительство автомобильных дорог.* Под редакцией Иванова Н. Н., ч. II. М., «Транспорт», 1970.

*Ступнев Г. К.* Пути совершенствования лесозаготовительного процесса. М., «Лесная промышленность», 1971.

*Сыромятников С. А., Кувалдин Б. И.* Изыскания лесовозных дорог. М., «Лесная промышленность», 1966.

*Технические указания по проектированию лесозаготовительных предприятий.* Л., Гипролестранс, 1964.

*Технические указания по производству комплексных изысканий для проектирования лесозаготовительных предприятий.* Л., Гипролестранс, 1966.

*Технологические правила и карты строительства лесовозных автомобильных дорог.* Т. I. Технологические правила. Т. II. Типовые технологические карты. Л., Гипролестранс, 1964.

*Тихомиров В. И.* Содержание и ремонт железнодорожного пути. М., «Транспорт», 1975.

*Тулаев А. Я.* Расчет и конструкции дренающих устройств. М., «Высшая школа», 1974.

*Цытович Н. А.* Механика мерзлых грунтов. М., «Высшая школа», 1973.

*Шахунянец Г. М.* Проектирование железнодорожного пути. М., «Транспорт» 1972.

*Шестоперов С. В.* Дорожно-строительные материалы. Ч. I, II. М., «Высшая школа», 1976.

*Шмаков А. Т.* Машины и оборудование для строительства земляного полотна. М., «Транспорт», 1976.

*Экономика и организация лесной промышленности и лесного хозяйства.* Ч. I. Нормативно-справочные материалы по лесозаготовке и сплаву древесины. Л., 1973.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов	3
Введение	5
<b>Глава 1. Техника и технология первичного транспорта леса</b>	<b>14</b>
1.1. Виды и способы первичного транспорта леса	14
1.2. Трелевочные волокни, среднее расстояние трелевки	16
1.3. Лесовозные усы	20
1.4. Способы разработки лесосек при тракторной трелевке леса	23
1.5. Способы разработки лесосек при трелевке леса лебедками	26
1.6. Способы разработки лесосек многооперационными лесосечными машинами	27
1.7. Технологический процесс и приемы работы при тракторной трелевке леса	30
1.8. Технологический процесс и приемы работы при трелевке леса лебедками	33
1.9. Машины и оборудование, применяемые на трелевке леса	34
1.10. Полуподвесные канатные трелевочные установки для равнинной местности	44
1.11. Производительность трелевочных машин	46
<b>Глава 2. Дорожно-транспортная сеть лесозаготовительных предприятий</b>	<b>52</b>
2.1. Структура дорожно-транспортной сети	52
2.2. Измерители дорожно-транспортной сети	53
2.3. Схемы размещения транспортных путей в лесных массивах	57
2.4. Экономическое трассирование магистрали	60
2.5. Определение расстояний между ветками и усами	65
2.6. Оптимизация транспортных сетей лесозаготовительных предприятий	66
2.7. Применение экономико-математических методов при проектировании сети лесовозных дорог	69
<b>Глава 3. Лесовозные автомобильные дороги</b>	<b>73</b>
3.1. Классификация лесовозных автомобильных дорог	73
3.2. Элементы дорожных конструкций	73
3.3. План дороги	75
3.4. Продольный профиль дороги	88
3.5. Земляное полотно	98
3.6. Водно-тепловой режим грунтов	106
3.7. Дорожный водоотвод	111
3.8. Дорожные одежды	120
3.9. Расчет и проектирование нежестких дорожных одежд	131
3.10. Дорожно-строительные материалы	144
3.11. Строительство лесовозных автомобильных дорог	154
3.12. Содержание и ремонт лесовозных автомобильных дорог	160

<b>Глава 4. Лесовозные железные дороги</b>	<b>163</b>
4.1. Классификация лесовозных железных дорог	163
4.2. Проектирование плана трассы железных дорог	163
4.3. Проектирование продольного профиля железных дорог	165
4.4. Устройство и проектирование рельсовой колеи	168
4.5. Земляное полотно	176
4.6. Верхнее строение пути	179
4.7. Расчет верхнего строения пути	188
4.8. Соединения и пересечения пути	194
<b>Глава 5. Искусственные сооружения</b>	<b>201</b>
5.1. Классификация искусственных сооружений	201
5.2. Определение расчетного расхода воды для малых искусственных сооружений	204
5.3. Расчет отверстий малых мостов	209
5.4. Определение отверстий водопропускных дорожных труб	215
5.5. Расположение мостов и труб в плане и профиле	222
<b>Глава 6. Лесотранспортные канатные установки</b>	<b>223</b>
6.1. Классификация канатных установок	223
6.2. Подвесные установки с несущим канатом	223
6.3. Полуподвесные установки с несущим канатом	229
6.4. Канатные установки с тягово-несущим канатом	233
6.5. Специальные виды канатных установок	240
6.6. Канатоведущие шкивы для привода замкнутого тягово-несущего каната	242
6.7. Привод замкнутого тягово-несущего каната барабанами лебедки	247
6.8. Стальные канаты лесотранспортных установок	249
6.9. Блоки и ходовые катки кареток канатных установок	250
6.10. Основы расчета натяжений несущих канатов	252
6.11. Основы расчета натяжений тягово-несущих канатов	257
<b>Глава 7. Технология и организация транспорта леса</b>	<b>261</b>
7.1. Лесовозные автомобили и тягачи	261
7.2. Агрегатные лесовозные машины	261
7.3. Прицепной состав	269
7.4. Технологическая оснастка тягового и прицепного подвижного составов	269
7.5. Схемы лесовозных автопоездов	272
7.6. Выбор типа лесовозного автомобиля	274
7.7. Тяговые характеристики лесовозных автомобилей и тягачей	275
7.8. Тягово-эксплуатационные расчеты автомобильного лесотранспорта	278
7.9. Организация лесотранспортных работ. Графики движения автомобилей	290
7.10. Техничко-экономические показатели работы автомобильного лесотранспорта	294
7.11. Погрузочно-разгрузочные работы	296
<b>Глава 8. Техника, технология и организация железнодорожного транспорта</b>	<b>298</b>
8.1. Общие сведения и техническая характеристика локомотивов	298
8.2. Техническая характеристика подвижного прицепного состава	302
8.3. Эксплуатация и обслуживание узкоколейных локомотивов, вагонов и сцепов	306
8.4. Тягово-эксплуатационные расчеты на железнодорожном транспорте	308
8.5. Тормозные расчеты	313
8.6. Организация движения поездов	316
8.7. Организация работы станций	318
8.8. Сигнализация и связь на железных дорогах	322

Глава 9. Машины и механизмы для строительства и эксплуатации лесовозных дорог	325
9.1. Машины для подготовительных работ	325
9.2. Бульдозеры	333
9.3. Скреперы	338
9.4. Грейдеры и автогрейдеры	345
9.5. Одноковшовые экскаваторы	353
9.6. Сваебойное оборудование	357
9.7. Катки	366
9.8. Снегоочистители	372
Глава 10. Вопросы экономики сухопутного транспорта леса	379
10.1. Основы управления и организационные формы строительства лесовозных дорог	379
10.2. Капитальные вложения в строительство лесовозных дорог и их эффективность	379
10.3. Сметная документация и порядок ее разработки	388
10.4. Производительность труда, кадры и заработная плата в дорожно-строительных организациях лесной промышленности	395
10.5. Себестоимость производства дорожно-строительных работ	401
10.6. Организация финансирования строительства и хозяйственный расчет в дорожно-строительных организациях лесной промышленности	402
10.7. Сравнение вариантов при проектировании сухопутного транспорта леса	404
10.8. Себестоимость вывозки древесины	405
10.9. Оплата труда рабочих, занятых на вывозке древесины	408
Литература	410

*Иван Иосифович Леонович, Николай Павлович Вырко, Василий Дмитриевич Мартынихин, Александр Петрович Матвейко, Казимир Болеславович Абрамович, Александр Иванович Гайдук, Григорий Григорьевич Давыдулин, Петр Алексеевич Лыщик, Геннадий Сергеевич Корин, Александр Михайлович Чупраков*

**ДОРОГИ И ТРАНСПОРТ ЛЕСНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**  
(справочное пособие)

Редактор *А. П. Берлина*  
Мл. редакторы *Н. В. Валишева, Н. Н. Линькова*  
Обложка *В. М. Батура*  
Худож. редактор *В. Н. Валентович*  
Техн. редактор *М. Н. Кислякова*  
Корректор *Л. А. Шлыкович*

ИБ № 653

Сдано в набор 30.05.79. Подписано в печать 30.10.79. АТ 03658.  
Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Высокая печать. Усл. печ. л. 26. Уч.-изд. л. 30,89. Тираж 4000 экз.  
Изд. № 77-197. Зак. 2241. Цена 2 руб.

Издательство «Высшая школа» Государственного комитета Белорусской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 220048, Минск, Парковая магистраль, 11.

Полиграфический комбинат им. Я. Коласа Государственного комитета Белорусской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 220005, Минск, ул. Красная, 23.