

Ю. А. СУСКИН
Б. И. КУВАЛДИН

СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Допущено Министерством лесной и деревообрабатывающей промышленности СССР в качестве учебника для лесотехнических техникумов



МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЛЕСНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»
1979

902143

ВОЛГОДСКАЯ
область С. Б. О. Ка

Рецензенты:

М. И. БРИК (Минлеспром СССР), В. В. ВОЗДВИЖЕНСКИЙ (Кудымкарский техникум)

Сускин Ю. А., Кувалдин Б. И. Строительство лесовозных дорог и искусственных сооружений: Учебник для техникумов.— М.: Лесная промышленность. 1979.— 320 с.

В учебнике рассмотрены вопросы строительства лесовозных дорог и искусственных сооружений. Приведены различные способы возведения земляного полотна в зависимости от грунтовых условий и применяемых дорожных машин. Изложены методы устройства различных типов дорожных одежд. Рассмотрены конструкции железобетонных и деревянных мостов и методы их строительства.

Учебник предназначен для учащихся техникумов, может быть полезен техническому персоналу, занятому на строительстве и эксплуатации лесовозных дорог.

Табл. 41, ил. 105, библиогр.— 61 назв.

Курс «Строительство лесовозных дорог и искусственных сооружений» является одним из основных, формирующих профиль подготавливаемых техников-строителей.

По выпуску бульдозеров, экскаваторов, скреперов и других машин Советский Союз занимает первое место в мире. За последние 10 лет созданы новые дорожные машины и разработаны более совершенные технологические процессы строительства дорог. XXV съезд КПСС наметил на десятую пятилетку новую огромную программу дорожного строительства. За пятилетие в нашей стране будет построено и реконструировано 62—65 тыс. км автомобильных дорог с твердым покрытием. Грузооборот автомобильного транспорта возрастет на 42%, железнодорожного на 22%. Строительство Байкало-Амурской магистрали и подходов к ней позволит вовлечь в лесоэксплуатацию новые огромные лесные массивы, для чего необходимо строительство большого числа лесовозных дорог. Осваиваются новые лесные районы на Севере европейской части страны и особенно интенсивно в Западной и Восточной Сибири.

В лесозаготовительной отрасли ежегодно строят более 12 тыс. искусственных сооружений и 8,5 тыс. км лесовозных дорог, в том числе 900 км узкоколейных железных дорог и 230 км автомобильных дорог с покрытиями из железобетонных плит. Кроме дорог длительного действия, лесозаготовительные предприятия ежегодно строят 20—22 тыс. км временных путей-усов.

Важнейшими задачами являются сокращение сроков строительства дорог и повышение производительности труда. На строительстве лесовозных дорог и искусственных сооружений необходимо дальнейшее развитие бригадного подряда. Его применению способствует сравнительно узкая номенклатура используемых в дорожном строительстве материалов. В десятой пятилетке в лесной промышленности вводятся в строй мощности по заготовке древесины в объеме 43 млн. м³ древесины. Для успешного выполнения этой программы необходимо строить быстро, надежно и экономично.

Большая роль в освоении лесных богатств нашей Родины принадлежит техникам-строителям лесовозных дорог. Они должны находить и применять наиболее целесообразные методы

эксплуатации как каждой машины, так и комплекса машин в правильно организованном поточном строительстве, уметь эффективно использовать местные строительные материалы для создания прочных и долговечных дорожных одежд, уметь правильно организовать труд дорожных рабочих, добиваться снижения стоимости строительства.

В настоящем учебнике освещены вопросы, необходимые для выполнения работ по строительству всех видов лесовозных дорог. Учебник содержит необходимый иллюстративный материал, облегчающий учащимся понимание описываемых технологических процессов, конструкций дорог и искусственных сооружений. В учебнике не приводятся подробные описания конструкции дорожных машин, применяемых в строительстве дорог, а также материалы по вопросам ремонта и содержания дорог, так как сведения о них есть в специальных учебниках.

При изложении материала принята за основу международная система единиц измерений физических величин (сокращенно СИ), но в ряде случаев наряду с данными, характеризующими значение тех или иных параметров в системе СИ, использована и система единиц МК ГСС (метр, килограмм — сила, секунда) в связи с тем, что в ряде нормативных документов пока еще используется указанная система единиц.

Первая часть учебника — «Строительство лесовозных дорог» написана доктором технических наук, профессором Б. И. Кувалдиным, вторая часть — «Строительство искусственных сооружений» — доцентом Ю. А. Сускиным. Авторы будут благодарны за замечания, направленные на улучшение учебника.

Часть первая. СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Глава I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЛЕСОВОЗНЫМ ДОРОГАМ

За последние годы грузоподъемность и скорость автомобилей, выпускаемых заводами нашей страны, существенно возросли. Увеличились грузонапряженность дорог и интенсивность движения. В связи с этим при пересмотре технических норм устройства дорог были изменены и их технические параметры. Основным нормативным документом, определяющим технические требования к строительным сооружениям, являются «Строительные нормы и правила» (СНиП). Автомобильные дороги СССР в зависимости от их назначения, размера расчетной интенсивности движения или расчетной годовой грузонапряженности подразделяются на пять категорий (СНиП II—Д.5—72).

I категория — дороги общегосударственного значения, магистральные дороги республиканского значения, подъезды от крупных городов к аэропортам, а также морским и речным портам с интенсивностью движения более 7000 автомобилей в сутки.

II категория — дороги того же назначения, но при меньшей интенсивности движения — от 3000 до 7000 автомобилей в сутки.

III категория — дороги общегосударственные и республиканские (кроме I и II категорий), основные областные или районные (при отсутствии областного деления), подъезды к населенным пунктам и транспортным узлам, речным и морским портам, местам массового отдыха населения, подъездные дороги к предприятиям, имеющие интенсивность движения от 1000 до 3000 автомобилей в сутки.

IV категория — дороги областного или районного значения (кроме III категории), а также местного значения, подъездные к общей сети, дороги промышленных предприятий и строительных объектов с интенсивностью движения от 200 до 1000 автомобилей в сутки.

V категория — дороги местного значения (кроме IV категории), внутрипромысловые, служебные и патрульные с интенсивностью меньше 200 автомобилей/сутки.

СНиП II—Д.5—72 предусматривают нормативы для подъездных дорог промышленных предприятий, для которых выделены категории IIIп и IVп. К категории IIIп относят дороги, обслуживающие технологические перевозки, выполняемые автомоби-

лями особо большой грузоподъемности и размеров. Грузонапряженность таких дорог 1 млн. т/год и более. При меньшей грузонапряженности промышленные дороги относят к IVп категории.

Основные геометрические размеры автомобильных дорог зависят от расчетной скорости движения, установленной для той или иной категории дороги. Элементы плана и профиля автомобильных дорог общего пользования рассчитывают на следующие скорости движения:

категория дорог	I	II	III	IV	V
скорость, км/ч	150	120	100	80	60

Основные размеры проезжей части дорог и земляного полотна

Категория дороги	I	II	III	IV	V
Ширина проезжей части, м	15	7,5	7,0	6,0	4,5
	и более				
Ширина обочин, м	3,75	3,75	2,5	2,0	1,75
Ширина земляного полотна, м	27,5	15	12	10	8
	и более				

Новые нормативы для устройства лесовозных и лесохозяйственных дорог изложены в «Инструкции по проектированию лесозаготовительных предприятий, лесовозных и лесохозяйственных дорог», разработанной Гипролестрансом и согласованной с Госстроем СССР. В соответствии с этой инструкцией лесовозные автомобильные дороги в настоящее время разделяются на следующие категории: IIIл с годовым грузооборотом более 1000 тыс. м³; IVA с годовым грузооборотом от 501 до 1000 тыс. м³; IVБ с годовым грузооборотом от 201 до 500 тыс. м³; Vл с годовым грузооборотом до 200 тыс. м³.

Ветки с годовым грузооборотом более 150 тыс. м³ и хозяйственные дороги проектируются по нормам дорог V категории. Расчетные скорости зависят от категории пути (табл. I.1).

I.1. Расчетные скорости для лесовозных автомобильных дорог

Вид пути	Расчетная скорость, км/ч		
	основная	допускаемая в трудных условиях при местности	
		пересеченной	горной
Магистраль категории:			
III	80	60	40
IVA	60	50	40
IVБ	50	40	30
V	40	30	20
Ветки	30	20	15
Усы	20	15	10

В связи с тем, что грузообороты лесовозных дорог значительно возросли и повысилась интенсивность движения и габариты лесовозных автомашин, ширина земляного полотна лесовозных автомобильных дорог увеличилась. Размеры земляного полотна и проезжей части дороги, установленные в соответствии с нормами СНиП II—Д.5—72, приведены в табл. I.2.

Приведенные размеры ширины проезжей части и земляного полотна рассчитаны на габарит машин 2,75 м. При большей ширине машин размеры земляного полотна увеличиваются. На однополосных дорогах (V категории и ветках) нужно устраивать разъезды с расстоянием между ними не более 500 м.

I.2. Размеры земляного полотна лесовозных дорог

Вид пути	Ширина, м		
	земляного полотна	проезжей части	обочин
Магистраль категории:			
IIIл	12	8	2
IVA	10,5	7,5	1,5
IVБ	8,5	6,5	1,0
V	5,5	3,5	1,0
Хозяйственные дороги	8,0	4,5	1,75
Ветки	5,0	3,5	0,75
Усы	4,5	3,5	0,50

При строительстве дорог должна быть обеспечена видимость поверхности дороги на расстоянии 150 м. В трудных условиях ее наименьшее значение на дорогах IVA категории составляет 125 м, на дорогах IVБ категории 100 м и на дорогах V категории 75 м.

Значительно повышены требования к устройству дорожного полотна на кривых участках пути. По новым нормам двухскатный профиль проезжей части устраивается на прямых и на кривых, имеющих радиус не меньше 800 м. При радиусах кривой меньше 800 м проезжая часть должна иметь односкатный профиль внутрь кривой, называемый виражом. Уклон виража должен быть равен при радиусах от 750 до 450 м 20—30‰, при радиусах 450—350 — 30—40‰, при радиусах 350—300 м — 40—50‰, при радиусах 300—250 — 50—60‰ и при радиусах меньше 250 м — 60‰. Радиусы кривых рекомендуется назначать при проектировании дорог возможно большими, но не менее 800 м на магистралях и 150 м на ветках. В трудных условиях разрешается принимать меньшие значения радиусов кривых, но не меньше 250 м на магистралях III категории, 125 м на магистралях IVA, 100 м на магистралях IVБ категории, 60 м на магистралях V категории, 50 м на ветках и 30 м на усах. При

применении кривых с радиусом менее 400 м должны устраиваться переходные кривые переменного радиуса.

Руководящие подъемы рекомендуется назначать на основе технико-экономических расчетов, однако, как правило, принимать не более 30‰ на лесовозных дорогах и не более 60‰ на хозяйственных дорогах. При невозможности устройства дороги с такими подъемами допускается увеличение величин руководящих подъемов до значений, приведенных в табл. 1.3.

Наибольшие подъемы в грузовом направлении не должны превышать следующих значений (в ‰): для автопоездов, оборудованных кониками, и автомобилей 6×4 80, для седельных автопоездов и для автомобилей 4×4 60.

1.3. Допустимые значения руководящего подъема

Вид дорог	Руководящий подъем, ‰, в зависимости от рельефа		
	равнинный	пересеченный	горный
Магистраль III и IV категорий	30	50	80
Магистраль V категории	40	60	90
Хозяйственные дороги	70	90	110
Дороги с деревянными колесопроводами	30	40	50

Для лесовозных узкоколейных железных дорог нормативы, указанные в «Технических указаниях по проектированию лесозаготовительных предприятий» 1964 г. и приведенные в учебнике для техникумов «Изыскания лесовозных дорог» (1974 г.), не претерпели существенных изменений и поэтому здесь не повторяются.

Земляное полотно лесовозных дорог любого типа (кроме зимних) должно быть не меньше высоты снежного покрова, имеющего повторяемость 1 раз в 20 лет. Требования к величине возвышения низа дорожной одежды над уровнем грунтовых и длительно стоящих вод остались прежними (см. учебник «Изыскания лесовозных дорог» [14]).

Коэффициент уплотнения грунтов для верхней части земляного полотна должен быть не менее 0,98—0,99, для нижней части — 0,95.

Дорожные одежды на автомобильных дорогах III категории рекомендуется применять усовершенствованные капитальные (цементобетон, асфальтобетон), а также усовершенствованные облегченные (холодный асфальтобетон, дегтебетон); на дорогах IV категории — битумоминеральные смеси, щебеночные и гравийные покрытия с обработкой вяжущими как в установках, так и на дороге. Кроме того, разрешается применять и пере-

ходные покрытия — щебеночные, гравийные, шлаковые, колеянные из сборных плит и из грунтов, обработанных вяжущими материалами.

§ 2. ВИДЫ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

Отличительной особенностью строительства дорог является значительная протяженность каждого участка при неравномерном распределении объемов и видов работ по длине и существенном влиянии на их проведение природных условий, особенно видов грунтов, рельефа местности, гидрологических и других условий.

Все строительные работы по характеру проведения делятся на заготовительные, транспортные и строительно-монтажные.

К заготовительным работам относятся заготовка и хранение вяжущих и каменных материалов, изделий сборного железобетона, деревянных материалов и др.; к транспортным — доставка дорожно-строительных материалов. Строительно-монтажные работы выполняются непосредственно на объекте, т. е. на дорожной полосе, мостах и др.

В зависимости от распределения объемов работ по длине пути все работы делятся на линейные и сосредоточенные.

Линейные работы равномерно распределены по длине строящейся дороги и повторяются на каждом километре с незначительными отклонениями от средних условий. К ним относятся устройство земляного полотна в небольших насыпях и выемках, устройство дорожных одежд на автомобильных дорогах и верхнего строения на железных дорогах, строительство труб и малых мостов, установка дорожных и путевых знаков. Наибольшие объемы приходятся на земляные работы, устройство дорожных одежд и верхнего строения пути. Линейные работы распределяются по узкой полосе дороги и выполняются механизированными подразделениями, передвигающимися по трассе.

Сосредоточенные работы выполняются на одном месте или на коротких участках дороги. Они редко повторяются на смежных участках и по сложности, трудоемкости и значительному объему отличаются от других работ. К сосредоточенным работам относятся строительство больших и средних мостов, разработка глубоких выемок и возведение высоких насыпей, участки скальных работ, пересечения глубоких болот и др.

Сосредоточенные работы должны заканчиваться до подхода к месту их выполнения подразделений, ведущих линейные работы. В этом случае линейные работы будут выполняться непрерывным потоком. При строительстве дорог применяют два метода организации работ: поточный и непоточный.

Поточный метод заключается в том, что все процессы

группированы в технологические циклы, идут непрерывно и параллельно в технологической последовательности. Для комплексной механизации работ все машины сводятся в звенья или отряды с максимальным использованием производительности каждой из машин. В состав отрядов входят машины, необходимые для выполнения комплекса специализированных работ установленного объема. При поточном методе ежедневно остается готовый участок дороги, равный по протяженности суточной (или сменной) скорости потока. При поточном методе строительства каждое звено машин, выполнив какой-либо технологический цикл, переходит с одного участка на другой в соответствии с разработанной технологией.

При поточном строительстве различают звено машин, т. е. группу однотипных машин, выполняющих работы частного потока. Группа звеньев машин представляет собой комплект машин.

Потоки бывают частные (специализированные), объектные и комплексные.

Частный поток представляет собой организацию работы звена однотипных машин (бульдозеров, скреперов, катков), последовательно выполняющих элемент технологического процесса на соответствующем участке.

Участок дороги, на котором действуют машины частного потока, называется захваткой.

Объектный поток представляет собой совокупность специализированных потоков, обеспечивающих полную готовность данного объекта (земляного полотна, дорожной одежды и др.). Совокупность объектных потоков составляет комплексный поток, включающий строительство всех инженерных сооружений дороги.

Поточный метод предусматривает равномерное и непрерывное производство всех дорожно-строительных работ. Он может быть применен как в целом при строительстве дороги, так и на отдельных ее участках в зависимости от общей протяженности дороги и сроков ее строительства. Скорость потока устанавливают на основе технико-экономического сравнения вариантов организации строительства, оптимальной скорости выполнения наиболее сложных и трудоемких строительных процессов и других организационных и экономических факторов. Скорость (темп) специализированного потока представляет собой протяженность участка дороги в погонных метрах или километрах, на котором специализированный отряд выполняет все работы в единицу времени (смену или сутки). Скорость комплексного потока представляет собой протяжение участка дороги, полностью законченного в течение определенного отрезка времени. Чем выше скорость потока, тем меньше срок строительства, тем больший участок дороги можно построить данным комплексным потоком в течение года.

Скорость потока равна

$$v = \frac{L}{T_d - t_p},$$

здесь v — скорость потока, км/смену; L — протяженность участка работы потока, т. е. участка строительства дороги, км; T_d — продолжительность (время) действия потока в виде количества смен; t_p — продолжительность развертывания потока.

По указанной формуле определяют минимальную скорость потока, необходимую для выполнения работы в заданный срок T_d . По этой скорости устанавливают минимальную скорость как специализированных потоков, так и всего комплексного потока. Эти скорости должны обеспечивать ввод дороги в эксплуатацию в заданный срок, с наилучшим использованием всех ресурсов и с наименьшей себестоимостью работ. Последние два требования обеспечивают за счет вариантного проектирования технологических карт проведение работ с учетом наличных или поступающих на стройку машин. По технологическим картам определяют виды и объемы работ, которые могут быть выполнены в течение одной смены. Объемы и производительность машин, выполняющих основные работы, должны быть увязаны с производительностью имеющихся транспортных средств, подвозящих строительные материалы.

Непоточные методы организации дорожно-строительных работ применяют только в отдельных случаях. Непоточной является организация работ на широком фронте или по отдельным участкам. Строители и средства механизации распределяются по всей дороге или по ее отдельным участкам. В этом случае, как правило, возрастают общая продолжительность строительства и объемы незавершенного производства, невозможность проезда даже по готовым участкам до полного завершения работ, осложняются руководство работами и техническое обслуживание машин, возрастает потребность в средствах механизации. Тем не менее непоточные методы можно применять в таких случаях:

при необходимости выполнения значительных по объему сосредоточенных работ;

при строительстве коротких участков дороги, когда нельзя организовать установившийся поток, так как время его действия может быть меньше, чем период развертывания и свертывания комплексного потока;

при восстановительных работах, имеющих большое разнообразие видов и неравномерное распределение различных работ на протяжении дороги.

Время, необходимое для выполнения одного вида работ при непоточной их организации, равно:

$$T = \frac{Q}{NPK_c},$$

- где T — продолжительность работ, сутки;
 Q — объем работ в физических единицах;
 N — число одновременно работающих машин (при выполнении работ различными машинами здесь имеется в виду суммарное число ведущих машин, выполняющих основные рабочие операции);
 P — сменная производительность машин в тех же единицах измерения, что и объем работ;
 K_c — коэффициент сменности.

Непоточная организация отдельных видов работ на коротких участках находит применение на дорогах, строительство которых в целом ведется поточным методом (переходы через глубокие болота, скальные работы, крупные выемки и насыпи и пр.). Для этого в составе комплексного потока создают отряд, оснащенный специализированными машинами для выполнения сосредоточенных работ. Такие отряды могут выполнять сосредоточенные работы методом широкого фронта на всем протяжении участка.

Работы по строительству лесовозной дороги выполняют в такой последовательности:

1) вспомогательные работы по организации строительного двора, устройству связи, подготовке карьеров, заготовке материалов, отводу земли и пр.;

2) подготовительные работы — восстановление и закрепление трассы, прорубка просеки, подготовка дорожной полосы, осушительные работы, разбивка земляных работ;

3) строительство мостов и труб;

4) производство сосредоточенных земляных работ по возведению земляного полотна;

5) выполнение линейных земляных работ;

6) устройство дорожной одежды, на железных дорогах — верхнего строения пути;

7) отделочные работы и сдача готовых участков.

Для выполнения дорожно-строительных работ в установленные сроки и согласования по срокам и производительности выполнения всех работ составляют проект организации работ. Календарное число дней работы на различных объектах определяют путем построения дорожно-климатического графика и определения допускаемых температур воздуха при производстве различных видов дорожно-строительных работ. Строительные работы выполняют двумя способами — подрядным и хозяйственным. В первом случае работа выполняет специализированная постоянно действующая строительная организация, называемая подрядчиком. В лесной промышленности в качестве подрядчика выступают подразделения хозрасчетных объединений «Союзлесстрой» и «Дальлесстрой». Кроме организаций, входящих в систему лесной и деревообрабатывающей промышленности, в качестве подрядчика можно привлекать и строи-

тельные организации других ведомств, в частности Министерства строительства и эксплуатации автомобильных дорог РСФСР и Министерства транспортного строительства СССР. Подрядная организация выполняет строительные работы по договорам с заказчиком, т. е. организацией, для которой ведется строительство и которая обычно осуществляет эксплуатацию построенной лесовозной дороги. В лесозаготовительной отрасли промышленности заказчиком являются лесозаготовительные организации (комбинаты, объединения и др.).

При хозяйственном способе работы выполняют силами самих титулодержателей, т. е. тех организаций, которым выделены средства для строительства дорог. Этот способ используют, как правило, при выполнении строительных работ небольшого объема, когда привлекать подрядную организацию нецелесообразно, при удаленности лесозаготовительной организации и отсутствии вблизи специализированных строительных организаций или ввиду их недостаточной мощности.

Подрядный способ производства строительных работ более эффективен, так как специализированная дорожно-строительная организация имеет полный набор необходимых дорожно-строительных машин и механизмов и тем самым создаются благоприятные условия для применения прогрессивной технологии строительных работ, индустриализации строительства, внедрения сборности конструкций, комплексной механизации всех дорожно-строительных работ.

§ 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ И СХЕМЫ

Технологические карты разрабатывают для низового оперативного планирования, составления планов работ звеньев и бригад и рациональной организации строительных работ на участке. Различают типовые и рабочие технологические карты. Типовые карты разрабатывают проектные институты, трест «Оргтехлесстрой» и проектно-технологические бюро. Они составляются на какие-либо средние условия, например на возведение насыпи тем или другим механизмом при определенном виде грунта и высоте насыпи в определенных границах. Так, Гипролестранс разработал и издал в 1975 г. типовые технологические карты на работы по устройству искусственных сооружений, дорожных одежд, возведению земляного полотна [4].

Рабочие карты представляют собой уточненную типовую технологическую карту, привязанную к местным условиям производства работ.

Технологические карты, разрабатываемые на процессы производства строительных работ, содержат следующие разделы: область применения; состав работы с указанием технологической последовательности процессов, расчетом объемов работ и потребных ресурсов; технические требования и правила приемки работ; механизмы и инструменты; состав и расстановка

рабочих; технология выполнения работ с указаниями их рационального выполнения и необходимым иллюстративным материалом в виде схем работ отдельных машин; технико-экономические показатели.

Кроме того, в рабочих технологических картах уточняют схемы работы потока и размещение ресурсов по захваткам для принятой скорости потока в смену, приводят требования к качеству работ и технике безопасности, указывают затраты труда и расценки.

В первом разделе указывают условия применения данной технологической карты, в частности, какие виды работ должны быть закончены в предшествующем комплексе, и приводят перечень работ, для которых составлена карта.

Технологическую последовательность процессов показывают в виде схемы с распределением всех видов работ и механизмов по захваткам, с расчетом объемов работ по процессам на укрупненный измеритель (на 1 км дороги, на 1000 м² покрытия и т. п.). В карте указывают принятую производительность механизмов в смену с ссылкой на Единые нормы и расценки (ЕНиР) или на расчет, который в таком случае должен быть приложен к карте. В конце карты указывают потребность рабочих и машин на укрупненный измеритель. Ниже приведена форма составления технологической схемы.

№ процесса	№ захватки	Источник обеспечения норм выработки (ЕНиР и расчеты)	Описание рабочих процессов в порядке их технологической последовательности с расчетом объемов работ	Единица измерения	Количество на 1 км	Производительность в смену	Потребность в машино-сменах
1	2	3	4	5	6	7	8

После определения потребности в машино-сменах на укрупненный измеритель по установленной (или заданной) скорости потока подбирают состав машин в отряде и составляют схему их работы с указанием числа машин и размещения ресурсов по захваткам. Отряд должен быть скомплектован так, чтобы ведущие машины и те из вспомогательных машин, которые имеют наибольшую стоимость 1 машино-смены, были полностью загружены в течение всего периода работы. Если нельзя обеспечить требуемое число машин для намеченной скорости потока, скорость потока следует устанавливать по наличию основных (ведущих) машин в строительном подразделении. В этом случае решается обратная задача.

Установив скорость потока, можно построить его схему, разбив на захватки. Чем больше захваток, тем больше длина специализированного потока и всего комплексного (полного) потока.

Поэтому нужно стремиться к сокращению числа захваток. Захватки должны обеспечить бесперебойную работу всех машин. Коэффициент внутрисменной загрузки захватки указывают в схеме потока в графе «Ресурсы», требующиеся на каждую смену (в скобках после индекса соответствующей машины).

При слабой загрузке какой-либо машины на данной захватке можно планировать ее догрузку путем использования части смены на других захватках. При этом следует иметь в виду, что перемещения как отдельных машин, так и их звеньев с захватки на захватку должны при планировании сводиться к минимуму во избежание снижения производительности машин на основных работах.

В указаниях по производству работ излагают рекомендации по наилучшей организации и выполнению каждого производственного процесса (режим и схему работы машин, а также чертежи и рисунки, раскрывающие суть рекомендуемых операций). Рекомендации должны быть конкретными, с точными указаниями, например, степени уплотнения грунтов, мест выгрузки стройматериалов и т. п. Здесь же приводят рекомендации по организации труда, комплектации бригад и звеньев, режиму работ, системе оплаты труда в звеньях, расстановке людей и машин.

В технических требованиях, правилах приемки и указаниях по технике безопасности либо непосредственно указаны требования к качеству работ, либо дана ссылка на определенную инструкцию (например, ВСН 19—74 «Правила приемки работ»). Правила по технике безопасности должны быть указаны для каждого вида работ, т. е. конкретно при работе с рыхлителями, бульдозерами, катками и пр. В отдельных случаях может быть дана ссылка на конкретные разделы правил по технике безопасности.

В технико-экономических показателях приводятся данные о себестоимости работ, трудовых затратах, удельных капиталовложениях и приведенных сопоставимых затратах, расценках за единицу измерения по каждому технологическому процессу в отдельности, а затем по комплексному процессу. Все показатели о трудовых затратах и расценках сводятся в производственную калькуляцию по форме, приведенной ниже.

№ норм и расценок	Описание работ	Число рабочих по квалификации и разрядам	Единица измерения	Количество работ	Трудовые затраты, чел.-ч		Расценки, руб.	
					на измеритель	на весь объем	на измеритель	на весь объем
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Содержание указанной таблицы составляется на базе существующих «Единых норм выработки и расценок» (ЕНиРов), а по тем технологическим процессам, по которым они отсутствуют, размер трудозатрат определяют по местным нормам или на основании специальных расчетов. При этом следует учитывать тарифные коэффициенты, соответствующие разряду рабочих, участвующих в данном технологическом процессе.

Пример конкретной технологической карты на производство дорожных работ приведен в § 2 III главы.

§ 4. ОСНОВНЫЕ ДИРЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВОПРОСАМ СТРОИТЕЛЬСТВА

В принятых XXV съездом КПСС «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» в разделе «Капитальное строительство» указывается, что «...основной задачей является повышение эффективности капитальных вложений, обеспечение дальнейшего роста и качественного совершенствования основных фондов, быстреего ввода в действие и освоения новых производственных мощностей во всех отраслях народного хозяйства за счет улучшения планирования, проектирования и организации строительного производства, сокращения продолжительности и снижения стоимости строительства»¹. XXV съезд КПСС нацелил строителей на повышение уровня индустриализации и совершенствование организации строительного производства. Поставлена задача повысить степень заводской готовности строительных конструкций и деталей, шире применять в строительстве новые виды материалов и изделий, в частности легкие бетоны, деревянные клееные конструкции и др. Необходимо продолжать техническое перевооружение строительных организаций, повысить вооруженность рабочих механизированным инструментом и средствами малой механизации, значительно поднять уровень механизации основных видов работ в строительстве. В Основных направлениях указано, что следует развивать и совершенствовать подрядный способ ведения строительных работ, шире внедрять новую форму хозяйственного расчета в строительстве — бригадный подряд. Перед всеми строительными организациями поставлена задача поднять производительность труда за пятилетку на 29—32%.

Основными директивными материалами по техническим вопросам при строительстве лесовозных дорог являются «Строительные нормы и правила» (СНиП), представляющие собой свод общеобязательных норм по проектированию и строительству объектов любого назначения. Они состоят из четырех частей: I — общие положения, II — нормы проектирования, III —

¹ Материалы XXV съезда КПСС. М., 1976, с. 211.

правила производства и приемки работ, IV — сметные нормы и правила (с приложением сборников сметных норм).

Каждая часть подразделяется на отдельные главы, которые издаются самостоятельно.

Часть I СНИП устанавливает систему нормативных документов, строительную терминологию, классификацию зданий и сооружений, правила назначения модульных размеров и допусков в строительстве.

Часть II СНИП содержит основные нормативы по проектированию зданий и сооружений по всем видам строительства, в том числе автомобильных дорог общей сети, промышленных предприятий, мостов, труб, тоннелей, предприятий обслуживания автомобилей; основные технические требования к строительным материалам, изделиям и конструкциям, параметры изделий, показатели прочности, морозостойкости, соответствующие государственным стандартам, основные положения по применению местных строительных материалов.

Нормативы по проектированию искусственных сооружений изложены в СНИП II—43 (часть II, глава 43) «Мосты и трубы. Нормы проектирования»; по проектированию автомобильных дорог в СНИП II—42 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования».

Часть III СНИП содержит требования по общим вопросам организации строительства, материально-техническому хозяйству, планированию, контролю и приемке в эксплуатацию законченных сооружений, геодезическим работам, технике безопасности; по производству и приемке работ при возведении земляных сооружений, оснований и фундаментов, строительных конструкций, зданий и сооружений.

По дорожно-строительному производству вопросы организации строительства даны в СНИП III—40 «Автомобильные дороги»; по мостам и трубам — в СНИП III—43.

Часть IV СНИП содержит указания по разработке элементных и укрупненных сметных норм на строительные работы; составлению сметных норм на монтаж оборудования; определению сметной стоимости оборудования, материалов, конструкций и эксплуатации строительных машин; определению норм лимитированных и прочих затрат, стоимости устройства железных и автомобильных дорог, мостов, труб и других сооружений.

Современные сметные нормы, введенные с 1 января 1969 г., отражают средний технический уровень строительного производства. Они предусматривают единые условия и методы работ для различныхстроек, создающих одинаковую строительную продукцию. Сметные нормы разработаны при условии проведения работ в летнее время. Дополнительные затраты при выполнении работ в зимнее время следует учитывать по специальным нормам в процентах от стоимости строительномонтажных работ.

902143

ВОЛОГОДСКАЯ

Каждая глава сметных норм содержит техническую часть, в которой приводятся пояснения, правила применения сметных норм, правила исчисления объемов работ, каждая таблица сопровождается составом работ.

В IV части СНиП насчитывается 17 тыс. сметных норм на конструкции и виды работ. На основе этих норм разработано 42 сборника единых районных единичных расценок (ЕЕР) по 19 территориальным районам и 1300 зональных каталогов единичных расценок, учитывающих местные условия строительства.

Кроме того, Министерство транспортного строительства СССР периодически издает в виде временных строительных норм различные технические указания по отдельным вопросам строительства дорог: «Технические указания по устройству оснований дорожных одежд из каменных материалов, не укрепленных и укрепленных неорганическими вяжущими» ВСН 184—75 [35], «Технические указания по приготовлению и применению битумных эмульсий» ВСН 115—75 [36], «Правила приемки работ при строительстве, капитальном и среднем ремонте автомобильных дорог» ВСН—19—74 Минавтодора РСФСР [41]. Для непосредственных исполнителей дорожных работ — производителей работ, мастеров и бригадиров Гипролестрансом в 1975 г. изданы «Технологические правила и карты строительства лесовозных автомобильных дорог» [4].

Очень важным директивным документом является «Инструкция по разработке проектов и смет для промышленного строительства» СН 202—76, изданная Госстроем СССР в 1976 г. [40]. Этой инструкцией устанавливаются содержание, состав, порядок разработок, согласования и утверждения проектов и смет, по которым должны осуществляться строительство новых, а также расширение и реконструкция действующих промышленных предприятий и отдельных сооружений.

Глава II. ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

§ 1. ГРУНТЫ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Земляное полотно является одним из основных конструктивных элементов лесовозной дороги, от устойчивости и прочности которого зависит срок службы всей дороги, а также ее надежная работа в период эксплуатации. Прочность и устойчивость земляного полотна обеспечиваются правильным выбором грунтов для его возведения, их сочетанием, последовательностью слоев, назначением откосов соответствующей крутизны, хорошим уплотнением слоев грунта, регулированием их водно-теплого режима и укреплением в целях предохранения от сползания, размывов и развевания. Регулирование водно-теплого режима земляного полотна заключается в проведении ком-

плекса мероприятий по удалению поверхностной воды, устройству необходимого возвышения бровки земляного полотна над уровнем грунтовых вод, применению грунтов, не склонных к влагонакоплению и образованию пучин, применению дренажных устройств для понижения уровня грунтовых вод и гидроизолирующих или капилляропрерывающих прослоек в теле земляного полотна для сохранения в сухом состоянии грунтов в верхней части земляного полотна. Грунты с улучшенными свойствами или укрепленные вяжущими материалами, помимо земляного полотна, все шире применяют для устройства дорожных одежд автомобильных дорог. Широкое использование грунтов для сооружения лесовозных дорог требует хорошего знания их физических, химических и строительных свойств. Специалист, которому приходится строить дороги и сооружения на них, должен знать, как улучшить условия работы грунтов в сооружениях и повысить их сопротивляемость внешним воздействиям.

Грунтами называют любые горные породы, слагающие верхние слои земной коры, затронутые процессами разрушения под воздействием ветра, воды, тепла и холода. Монолитные горные породы, разрушаясь, образуют обломки различной величины, которые в последующем подвергаются процессам водонасыщения, высушивания, замерзания и оттаивания, воздействию ветра и потоков воды. Мелкие обломки вымываются и переносятся водой в речные долины, а также на дно и побережья озер и морей. Отложения частиц, переносимых дождевыми потоками, называются делювиальными, а отложения, образуемые во время паводков речными потоками,— аллювиальными. В процессе переноса частицы проходят естественную сортировку, главным образом по размерам и массе. Гранулометрический (зерновой) состав, т. е. содержание по массе отдельных частиц (фракций) различной крупности, выраженное в процентах к общей массе сухого грунта, является одной из важнейших характеристик грунта. В дорожном грунтоведении принята следующая классификация частиц грунта по крупности:

Грунт	Размер частиц, мм	Грунт	Размер частиц, мм
Валуны	≥ 100	Песчаный	0,05—2
Галька	40—60	Пылеватый	0,005—0,05
Гравий	2—40	Глинистый	Меньше 0,005

Грунты, как правило, состоят из частиц различной крупности. По нормам СН 449—72 они подразделяются на скальные, крупнообломочные, песчаные и глинистые. Первые получают при разрушении скальных пород, залегающих в естественных условиях в виде сплошного или трещиноватого

массива. Крупнообломочные и песчаные грунты в зависимости от зернового состава разделяются на виды, указанные ниже.

Крупнообломочный грунт:

глибоватый (при преобладании окатанных камней—валунный) масса камней крупнее 200 мм составляет более 50%

щебенистый (при преобладании окатанных частиц—галечниковый) масса частиц крупнее 10 мм составляет более 50%

дресвяный (при преобладании окатанных частиц—гравийный) масса частиц крупнее 2 мм составляет более 50 %

Песчаный грунт:

гравелистый масса частиц крупнее 2 мм составляет более 25%

крупный масса частиц крупнее 0,5 мм составляет более 50%

средней крупности масса частиц крупнее 0,25 мм составляет более 50%

мелкий масса частиц крупнее 0,1 мм составляет более 75%

пылеватый масса частиц крупнее 0,1 мм составляет менее 75%

Частицы грунта, близкие по своим размерам, объединяют в группы, называемые гранулометрическими фракциями. Относительное содержание по весу частиц грунта различной крупности называется гранулометрическим составом, который дает возможность классифицировать грунты.

Особое значение имеет содержание в грунтах глинистой фракции. Если в составе грунта в основном содержится песчаная фракция, пылеватых частиц меньше 15% и глинистых меньше 3%, грунт называется песчаным. Тот же грунт, но при содержании пылеватых частиц от 15 до 50% называется песчаным пылеватым. При содержании в грунте глинистых частиц от 3 до 12%, а пылеватых частиц меньше, чем песчаных, грунт называется супесчаным. Если в таком грунте пылеватых частиц больше, чем песчаных, грунт называется пылеватым.

При содержании в грунтах глинистых частиц от 12 до 25%, а песчаных больше, чем пылеватых, грунт называется суглинным. Если при том же количестве глинистой фракции пылеватых частиц больше, чем песчаных, грунт называется суглинистым пылеватым. При содержании глинистой фракции в грунтах больше 25% грунт вне зависимости от соотношения песчаных и пылеватых частиц называется глинистым.

Простейший способ графического изображения гранулометрического состава представляет собой метод треугольных координат (треугольник Фере), при котором используется известное свойство равностороннего треугольника: если из какой-либо точки внутри треугольника опустить перпендикуляры на его стороны, то сумма этих отрезков будет равна высоте треуголь-

ника. В этом случае высоту треугольника принимают за 100%. На каждой из сторон треугольника рис. 1 показывают содержание одной из трех фракций грунта. Гранулометрический состав любого грунта изображается точкой.

Например, на рис. 1 состав грунта, состоящего из 20% глинистых частиц, 30% частиц песчаных и 50% пылеватых, изображен точкой D_1 . Многочисленные исследования и практический

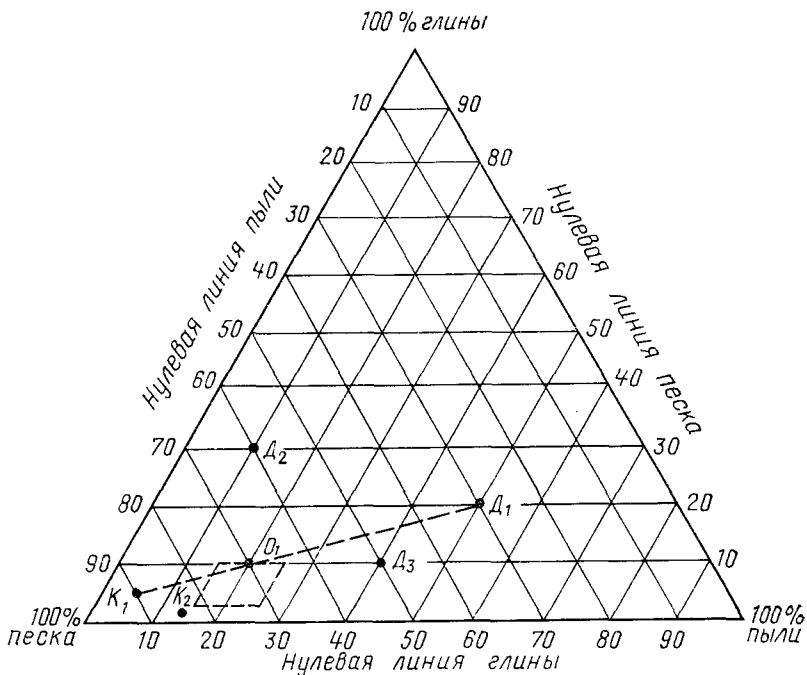


Рис. 1. Графическое изображение состава грунтов в треугольных координатах

опыт показали, что некоторые разновидности супесчаных грунтов имеют повышенную плотность и способность противостоять внешним воздействиям как в сухом, так и во влажном состоянии. В таком грунте песчаные частицы представляют собой скелет, пустоты между песчинками заполняют пылеватые частицы, а небольшое количество глинистых частиц придает связность (принцип плотной смеси). Такой состав грунта называют оптимальным. Зона грунтов оптимального гранулометрического состава на равностороннем треугольнике обведена пунктирной линией. Для зоны избыточного увлажнения эти границы лежат в пределах 3—10% по содержанию глинистой фракции и по пылеватой фракции 15—25%. Песчаных частиц может быть

от 50 до 90%. Но границы по песчаной фракции зону не лимитируют. Для зоны нормального и недостаточного увлажнения глинистой фракции должно быть от 6 до 14%, пылевой от 15 до 35% и песчаной от 55 до 85%. Более точно граница зоны оптимальных грунтовых смесей для местных условий устанавливается в результате исследований. Точки D_1 , D_2 и D_3 соответствуют составу трех грунтов различных участков дорожной полосы. Точки K_1 и K_2 характеризуют состав грунтов двух карьеров. Если линия K_1D_1 , соединяющая точки дорожных грунтов с карьерными грунтами, проходит через очерченную пунктирной линией зону, то путем смешения этих двух грунтов может быть получен грунт оптимального гранулометрического состава. Если же линия, соединяющая точки двух грунтов (D_2 , K_2 или D_2 , K_1), не проходит через зону из данных грунтов, оптимальная смесь не может быть образована.

Для определения гранулометрического состава грунтов применяют целый ряд методов лабораторного и полевого анализов. Наиболее распространенные приведены ниже.

Ситовой метод. В этом случае частицы грунта по крупности разделяются при просеивании его через набор сит с отверстиями разного диаметра. Остатки на ситах взвешивают и относят к общей навеске грунта. Этот метод применяют для определения частиц разной величины в крупнообломочных, песчаных и реже супесчаных грунтах.

Метод отмучивания основан на разнице в скорости падения частиц разной величины в спокойной воде после ее взмучивания. Так, частицы размером 0,05 мм осаждаются в воде со скоростью 1 см за 5 с, а падение частиц размером 0,001 мм на глубину 1 см происходит за 3 ч 28 мин. Этим методом пользуются для определения состава мелких песчаных, супесчаных и легкосуглинистых грунтов.

Пилеточный метод также основан на учете скорости падения частиц в спокойной воде. После взмучивания грунтовой суспензии ее на некоторое время оставляют спокойной, а затем пипеткой отбирают с определенной глубины пробу, содержащую частицы, которые за прошедший период не успели осесть. При последующих пробах, взятых через большие промежутки времени, получают более мелкие частицы. Определяя вес высушенных проб и зная по интервалу времени размер частиц, после пересчета получают сведения о количестве частиц данного размера во всем объеме суспензии.

Содержание глинистых частиц в полевых условиях определяют по методу С. И. Рутковского, используя свойство прироста объема (набухания) глинистых грунтов. В этом случае в мерный цилиндр насыпают 20 см³ растертого грунта, который слегка уплотняют, затем заливают водой (30—60 см³), и содержимое в цилиндре тщательно размешивают стеклянной палочкой с резиновым наконечником. Затем цилиндр доливают водой до объема 100 см³ и оставляют для отстаивания на 24—48 ч. За это время грунт увеличивается в объеме. Приращение объема грунта к первоначальному объему определяют по формуле

$$A = (V_2 - V_1) / V_1,$$

где V_1 — первоначальный объем сухого грунта, см³;

V_2 — объем грунта после набухания, см³.

Содержание глинистых частиц определяется расчетом: $Q_{гн} = A \cdot 22,67\%$, где 22,7 — опытный коэффициент, характеризующий набухание глинистых грунтов. При анализе состава грунта по методу Рутковского после определения процентного содержания глинистых грунтов находят содержание пес-

чаных частиц по методу отмучивания, а содержание пылеватых частиц получают, вычитая из полного объема пробы объем песчаных и глинистых частиц.

Минералогический состав грунтов. Песчаные частицы грунтов состоят в основном из кварца (SiO_2), пылеватые частицы — из зерен кварца и слюды, глинистые частицы — из алюмосиликатов (каолинита, монтмориллонита и др.) и реже из ферросиликатов.

Органическая часть грунтов (почвенный верхний горизонт) состоит в основном из гумуса или перегноя в виде мельчайших частиц (коллоидных), придающих грунту весьма отрицательные свойства — пластичность, липкость, набухание.

Вода в грунтах может находиться в жидком, твердом (лед) и газообразном (пар) состояниях.

Водяной пар всегда имеется в порах грунта, перемещаясь по каналцам между частицами грунта из пор с большей упругостью пара в поры с меньшей упругостью, т. е. из мест с более высокой температурой к местам, где грунт охлаждается. При этом пар может конденсироваться и осаждаться в виде капелек на поверхности грунтовых частиц. При повышении температуры происходит обратное явление.

Жидкая вода в грунте может быть как связанной, так и свободной. Различают прочносвязанную воду, образующую на поверхности грунтовых частиц удерживаемую силами молекулярного притяжения тонкую пленку, толщина которой равна нескольким диаметрам молекул воды, и рыхлосвязанную воду, образующую диффузные оболочки грунтовых частиц толщиной в несколько сотен и даже тысяч молекул воды.

Воздушносухие грунты всегда содержат прочносвязанную воду, которую можно удалить только высушиванием грунта до постоянного веса при $t = 105^\circ \text{C}$.

По мере удаления молекул воды от поверхности грунтовых частиц действие молекулярных сил быстро уменьшается и рыхлосвязанная вода постепенно переходит в свободную воду, которая не подвержена действию молекулярных сил и в капельно-жидком состоянии передвигается в порах грунтов под действием сил тяжести или внешней нагрузки (гравитационная вода) и сил поверхностного натяжения (капиллярная вода). Капиллярная вода проникает в грунт и удерживается в нем под действием сил поверхностного натяжения. Она может находиться в грунте в виде пленочно-подвешенной, капиллярно-подвешенной и капиллярно-подпертой воды.

Пленочно-подвешенная вода встречается в мелкозернистых грунтах в виде небольших разобщенных скоплений между пленками связанной воды. Капиллярно-подвешенная вода встречается в слое мелкозернистого грунта, подстилаемого более крупнозернистым. Она не связана с уровнем грунтовых вод и пополняется во время дождей. Собственно капиллярная вода почти полностью заполняет поры грунта на высоту капиллярного

поднятия от уровня грунтовых вод. Влажность грунта, характеризующаяся полным заполнением капиллярных пор, соответствует полной капиллярной влагоемкости (для песков 12—16%, для пылеватых грунтов 25—35%, для глинистых 35% и более). Капиллярное поднятие воды является одной из причин смачивания грунтов, расположенных на значительной высоте от уровня грунтовых вод (до 2 м).

Влажность грунтов. Отношение веса воды в грунте к весу сухого грунта называется влажностью грунта. В зависимости

II.1. Классификация глинистых грунтов

Вид грунта	Разновидность грунта	Содержание песчаных частиц размером от 2 до 0,05 мм, %	Число пластичности
Супесь	Легкая крупная Легкая Пылеватая Тяжелая пылеватая	>50 >50 20—50 <20	$1 \leq W_p \leq 7$
Суглинок	Легкий Легкий пылеватый Тяжелый Тяжелый пылеватый	>40 } <40 } >40 } <40 }	$7 < W_p \leq 12$ $12 < W_p \leq 17$
Глина	Песчанистая Пылеватая Жирная	>40 Меньше, чем пылеватых размером 0,05—0,005 Не нормируется	$17 < W_p \leq 27$ $W_p > 27$

Примечание. Для супесей легких крупных учитывается содержание песчаных частиц размером 2—0,25 мм.

от влажности грунт может иметь твердую, полутвердую, пластичную или текучую консистенцию.

Для характеристики и классификации глинистых грунтов недостаточно знать их гранулометрический (зерновой) состав, так как их свойства кроме крупности и степени раздробления частиц зависят также от минералогического состава, возраста, происхождения и химических процессов, происходивших при распаде (выветривании) монолитных горных пород. Такой дополнительной характеристикой является число пластичности, представляющее собой интервал влажности грунта, в пределах которого последний находится в пластическом состоянии.

Пластичностью называется способность грунта в определенном интервале его влажности деформироваться под дей-

ствием внешнего давления без разрывов и образования трещин, а после прекращения внешних усилий сохранять приданную ему форму.

Влажность грунта, соответствующая верхнему пределу пластичности, называется границей текучести W_T . В текучем состоянии связь между частями исчезает и грунт теряет устойчивость. Влажность, соответствующая нижнему пределу пластического состояния грунта, называется границей раскатывания W_p (по способу определения); она соответствует состоянию, при котором грунт находится на границе перехода из твердого состояния в пластичное. При меньшей влажности грунт находится в полутвердом и твердом состоянии и имеет воду только в тонких пленках, удерживаемых молекулярными силами. Таким образом, число пластичности равно: $W_{п} = W_T - W_p$.

Характерные влажности грунта, соответствующие границам раскатывания и текучести, определяются в лабораторных условиях (W_p по ГОСТ 5183—64 и W_T по ГОСТ 5184—64).

Более детальная классификация глинистых грунтов по числу пластичности приведена в табл. II.1.

Состояние глинистых грунтов характеризуется коэффициентом консистенции (по СН 449—72):

$$B = \frac{W_n - W_p}{W_T - W_p},$$

здесь W_n — естественная влажность грунта на момент определения его состояния, %.

Состояние глинистого грунта	Коэффициент консистенции
твердое	$B < 0$
полутвердое	$0 < B \leq 0,25$
тугопластичное	$0,25 < B \leq 0,5$
мягкопластичное	$0,5 < B \leq 0,75$
текучепластичное	$0,75 < B \leq 1$
текущее	$B > 1$

Важными показателями физико-механических свойств грунтов являются их связность, плотность, оптимальная влажность, водопроницаемость, разрыхляемость и угол естественного откоса.

Связность грунта характеризуется его сопротивлением, растагивающим напряжением. К связным грунтам относятся глинистые, суглинистые и тяжелые супеси. Легкие супеси являются малосвязными грунтами.

Плотность грунтов. Объемная масса грунтов представляет собой массу единицы объема грунта, включая поры, заполненные водой и воздухом.

Объемная масса величина переменная, она зависит от влажности и плотности грунтов. Грунты одинакового состава и

сложения имеют наибольшую массу при полном заполнении пор водой. Величина объемной массы колеблется от 1,2 до 2,4 г/см³ (большие значения относятся к крупнообломочным грунтам). При искусственном уплотнении грунты в дорожном полотне могут иметь объемную массу более 2 г/см³. При оценке плотности грунта в естественном залегании и при его искусственном уплотнении определяют объемную массу скелета (твердой части) грунта. Под объемной массой скелета понимают отношение массы твердых частиц к общему объему, занимаемому грунтом в состоянии природной влажности и ненарушенного сложения или же в состоянии искусственного уплотнения грунта. Объемная масса скелета грунта определяется расчетом по формуле

$$\delta_{ск} = \frac{\delta_{об}}{1 + 0,01W},$$

здесь $\delta_{об}$ и W — соответственно объемная масса, г/см³, и влажность, %, уплотненного грунта.

Чем больше уплотнен грунт, тем плотнее расположены его частицы и меньше в нем воды и воздуха. Такой грунт имеет наиболее высокую устойчивость и сопротивляемость внешним нагрузкам и значительно медленнее размокает. Величину максимальной плотности грунтов и соответствующую этому состоянию оптимальную влажность определяют методом стандартного уплотнения прибором Союздорнии (или ЦНИИС), который может применяться для испытания грунтов, содержащих до 5% частиц размером более 5 мм. Прибор (рис. 2) состоит из подстаканника 1, разъемного цилиндра 2 с внутренним диаметром 100 мм, верхнего стакана 6, стойки с уплотнителем 4, груза 5 массой 2,5 кг. На стойке имеется ограничительное кольцо 3. Разъемный цилиндр соединен зажимным кольцом 7 с винтами 8.

Прибором делают пять-шесть определений объемной массы скелета грунта с различной все увеличивающейся влажностью последнего и определяют максимальную для данного грунта плотность (максимальную объемную массу) и соответствующую ей влажность. Для этого сначала берут образец грунта с влажностью несколько большей, чем при воздушносухом состоянии, но меньшей, чем оптимальная, на 8—10%. Грунт размельчают, просеивают через сито с отверстиями 5 мм и увлажняют до требуемой влажности. Количество требуемой воды равно:

$$Q = P (W_{тр} - W_n) 0,01,$$

где P — масса грунта, подлежащего уплотнению, г; $W_{тр}$ и W_n — требуемая и начальная влажность, %.

Уплотнение выполняют в три слоя, каждый из слоев уплотняют ударами груза массой 2,5 кг, падающего с высоты 300 мм. Число ударов зависит от вида грунта: для песков и супесей 25, для пылеватых супесей, суглинков и глин 40 и для жирных глин 50. Объемная масса уплотненного грунта равна:

$$\delta = (P_1 - P_2)/V,$$

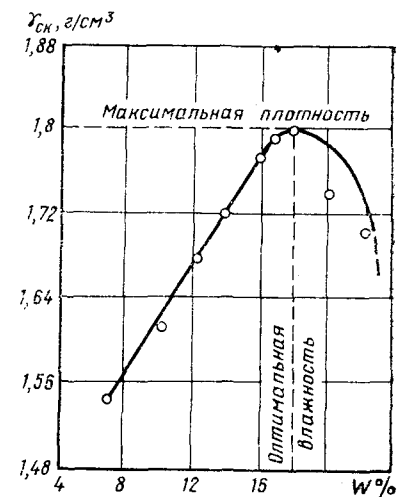
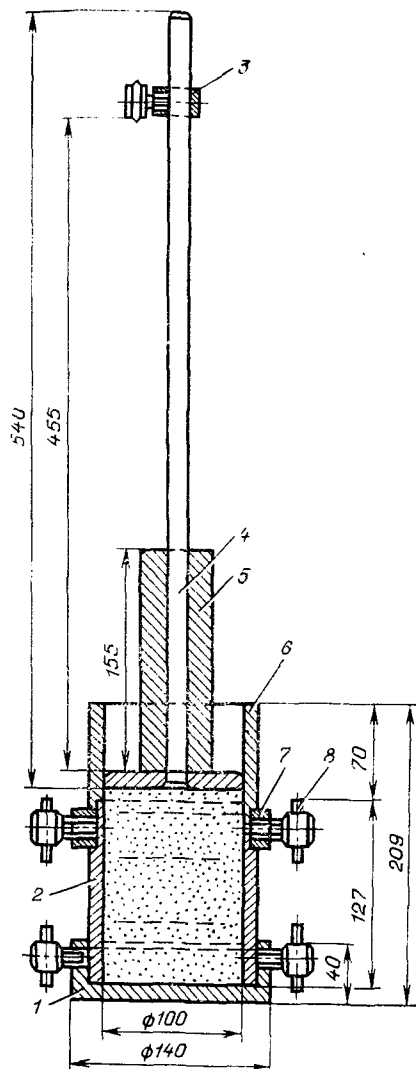


Рис. 3. Кривая стандартного уплотнения

Рис. 2. Прибор для стандартного уплотнения грунтов:

1 — подстаканник; 2 — разъемный цилиндр; 3 — ограничитель; 4 — стойка и уплотнитель (масса 2,5 кг); 5 — груз; 6 — верхний стакан; 7 — кольцо; 8 — зажимные винты

где P_1 — масса разъемного цилиндра с уплотненным грунтом;

P_2 — масса пустого цилиндра;

V — объем цилиндра.

Для определения влажности уплотненного грунта отбирают пробы из верхней, средней и нижней частей образца.

Последующие опыты проводят после размельчения уплотненного в предыдущем опыте образца грунта и увеличения его влажности на 2—3% путем добавления 50—70 г воды на каждые 3 кг грунта. Объемную массу скелета или плотность грунта в каждом опыте определяют по формуле

$$\delta_{сж} = \frac{\delta}{1 + 0,01W}$$

По полученным данным строят кривую стандартного уплотнения (рис. 3), по которой определяют максимальную плотность $\delta_{ск \max}$ и оптимальную влажность $W_{опт}$ грунта.

Значение $\delta_{ск \max}$ необходимо знать для определения фактического коэффициента уплотнения возводимого земляного полотна, равного

$$K_y = \frac{\delta_{ск}}{\delta_{ск \max}}.$$

Этот коэффициент называют коэффициентом стандартного уплотнения. В верхней части насыпей его величина должна быть 0,98—0,99.

Понятие оптимальной влажности и величина влажности при строительстве дорог имеют очень большое значение.

Влажность оказывает большое влияние на условия разработки и уплотнения грунтов, особенно суглинков и глин. Для характеристики влажности используют понятие относительной влажности, т. е. отношение действительной влажности грунта к пределу текучести. При относительной влажности 0,4 и меньше грунты трудно разрабатываются, требуют рыхления, сильно пылят, не уплотняются. В таком состоянии уплотнять грунты бесполезно. При относительной влажности 0,5 грунты разрабатываются легче, уже без предварительного рыхления, они слабо пылят и слабо уплотняются. При относительной влажности 0,55—0,60 грунты разрабатываются хорошо, не пылят, очень хорошо уплотняются, так как в этом случае влажность грунтов равна или близка к оптимальной. При относительной влажности 0,7 грунты легко режутся, не налипают на рабочие органы землеройных машин и плохо уплотняются в связи с появлением перед катками подвижной волны. Грунт, имеющий относительную влажность больше 0,7, нельзя применять для возведения насыпей. Таким образом, производительность дорожных машин и сама возможность строительства зависят от влажности грунта.

Наименьшие затраты машино-смен и наибольший эффект при укатке достигаются при оптимальной влажности грунта. В то же время в производственных условиях обеспечить точное значение оптимальной влажности весьма сложно. В табл. II.2 приведены максимально допустимые отклонения величины влажности для различных грунтов, при которых можно получить заданную плотность (0,95 и 0,98 от максимальной).

Укатка грунтов при влажности меньше оптимальной также не эффективна и почти бесполезна. Важное значение имеет создание у грунтов влажности равной оптимальному значению при укреплении их вяжущими материалами.

При сооружении земляного полотна дорог степень уплотнения грунта и его влажность необходимо постоянно контролировать. Для этого сравнивают требуемую плотность δ_T с объемной массой скелета грунта земляного полотна. В полевых условиях для этого используют плотномер-влагомер конструкции Н. П. Ковалева. Определение требуемых показателей этим

прибором основано на принципе гидростатического взвешивания.

Прибором Ковалева определяют объемную массу грунтов естественной влажности δ_v , объемную массу скелета грунта $\delta_{ск}$, влажность грунта W , объемную массу песка при минимальном и максимальном уплотнении, а также пористость и коэффициенты пористости грунтов.

Плотномер-влажномер (рис. 4) состоит из поплавка 1 с трубкой 2 и сосуда 3, соединяющихся между собой тремя припаянными к поплавку крючками 4 и тремя штырьками, припаянными к сосуду. Между поплавком и сосудом имеется зазор 1—2 мм,

II.2. Максимально допустимые отклонения фактической влажности от оптимальной

Грунт	Отклонения влажности, %, в зависимости от коэффициента уплотнения	
	0,95	0,98
Песок средне- и крупнозернистый	2,5	2,0
Песок мелкий и пылеватый	1,60	1,35
Супесь мелкая (в том числе пылеватая)	1,35	1,25
Супесь тяжелая, суглинок легкий	1,30	1,15
Суглинок тяжелый, суглинок пылеватый и глина	1,20	Превышение $W_{опт}$ не допускается

благодаря которому в сосуд свободно поступает вода. С помощью поплавка производится взвешивание испытываемой пробы грунта как без доступа воды, так и в водной среде. Поплавок состоит из двух спаянных между собой конусов с припаянной сверху трубкой 2, на которой нанесены четыре шкалы: *Вл* — для определения объемной массы влажных грунтов, *Ч* (на рисунке не показана), *П* и *Г* — для определения объемной массы скелета соответственно черноземного, песчаного и глинистого грунтов. Крышка 5 герметически закрывает поплавок снизу двумя специальными замками. Для центровки и укрепления деталей прибора на дне ведра-футляра 6 уложено резиновое кольцо 7.

Перед началом работы прибор проверяют, для чего в поплавок вставляют режущий цилиндр 9 объемом 200 см³. Затем к поплавку присоединяют сосуд 3 и погружают их в ведро-футляр с водой. Прибор можно использовать, если поплавок погружается до начала отметки шкал *Вл* и *Г*. Дело в том, что сосуд 3, без которого определяется объемный вес влажных грунтов, весит в воде 240 г, что соответствует объемной массе влажных грунтов 1,2 г/см³, т. е. началу отметки шкалы *Вл*. Внутренний объем трубки 2 до уровня верхнего края равен 200 см³. Вес крышки 8 режущего цилиндра 25 г. При тарировке прибора

основным тарировочным грузом являются металлические пластинки, находящиеся в крышке поплавка.

Для определения объемной массы грунта естественной влажности пробу грунта 200 см³ берут режущим цилиндром 9, погружая его в грунт вручную или с помощью насадки 11. Излишний грунт срезают ножом 10. Затем цилиндр с грунтом помещают внутрь поплавка, закрыв его крышкой 5. После этого поплавок без сосуда 3 погружают в ведро 6 с водой и на линии пересечения уровня воды со шкалой Вл по трубке 2 прочитывают цифру, соответствующую объемной массе взятого влажного грунта δ_v .

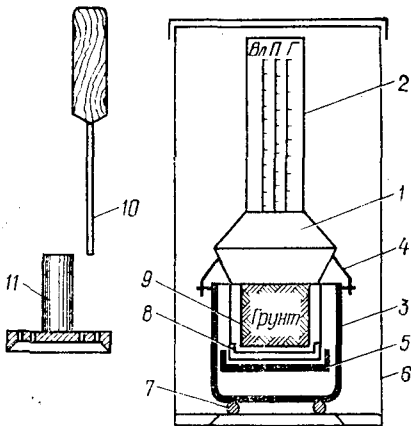


Рис. 4. Схема устройства плотномера-влажномера Н. П. Ковалева

Для определения объемной массы сухого грунта, т. е. его скелета, пробу грунта из кольца-грунтоноса высыпают в сосуд 3, ранее не присоединявшийся к поплавку, и заполняют его водой примерно до 0,3—0,4 его объема. Грунт тщательно размешивают в воде до образования однородной массы. Затем сосуд соединяют с поплавком и погружают в воду, налитую в ведро-футляр. Вода через зазор между поплавком и футляром заполняет оставшееся пространство сосуда и сосуд вместе с поплавком погружается на некоторый уровень, заняв равновесное положение.

После этого снова берут отсчет, но по шкалам Ч, П или Г, имеющимся на трубке, соответствующей виду исследуемого грунта. Отсчет на трубке берется в месте пересечения шкалы с уровнем воды. Таким образом узнают объемную массу скелета грунта, т. е. его плотность. Зная величины объемной массы влажного и сухого грунта, определяют его влажность (в %):

$$W = \frac{\delta_v - \delta_{ск}}{\delta_{ск}} \cdot 100.$$

Требуемую плотность устанавливают в зависимости от оптимальной стандартной плотности

$$\delta_r = K_y \delta_{опт},$$

где K_y — коэффициент уплотнения;
 $\delta_{опт}$ — оптимальная плотность.

Если фактическая плотность и влажность грунта окажутся ниже требуемых, то необходимо доувлажнить грунт и продолжать уплотнение.

Разрыхляемость грунтов. При нарушении естественной структуры грунтов они увеличиваются в объеме, т. е. разрыхляются. Степень разрыхляемости приведена в табл. II.3.

II.3. Приращение объемов грунта при разрыхлении

Грунт	Приращение объемов грунта, %		Грунт	Приращение объемов грунта, %	
	первоначальное	остаточное		первоначальное	остаточное
Песчаный	8—17	1—2,5	Торф растительный	20—30	3—4
Суглинистый	14—28	1,5—5		Каменистый	30—45
Глинистый	24—30	4—7			

Коэффициент разрыхления мерзлого грунта равен 1,5—1,6.

Угол естественного откоса. Разрыхленный грунт при отсыпке откладывается в виде конуса, угол образующей которого с основанием называется углом естественного откоса. Способность грунта удерживать ту или иную крутизну откоса меняется в зависимости от насыщения влаги водой, поэтому угол естественного откоса зависит от влажности грунтов и при назначении крутизны откосов следует учитывать условия увлажнения. Угол естественного откоса для сухого песка равен 25—30°, для умеренно увлажненного 30—35°, для легкого сухого суглинка 40—50° и умеренно увлажненного 30—35°, для тяжелого суглинка соответственно 45—50° и 35—40°.

Химические свойства грунтов. В настоящее время химические свойства грунтов (кислотность и карбонатность) приобретают все большее значение. Дело в том, что одни вяжущие материалы хорошо укрепляют грунты с кислой реакцией водной вытяжки грунта, другие же, наоборот, хорошо укрепляют карбонатные грунты, имеющие щелочную реакцию, а при их использовании для укрепления кислых грунтов эффект от использования вяжущих незначительный или отрицательный.

Кислотность грунтов определяется по концентрации водородных ионов в водной вытяжке (суспензии) грунта. Она подразделяется на активную (актуальную) и пассивную (потенциальную). Кислотность определяется водородным показателем pH, размер которого устанавливается различными способами, большая часть которых основана на изменении цвета раствора при действии на него индикатора. Сопоставляя полученный цвет раствора с цветом эталона, соответствующего тому или иному значению pH, определяют его значение для данного грунта. Такие эталоны имеются, например, в полевой лаборатории конструкции И. Ф. Голубева. При использовании этой лаборатории в пробирку берут небольшой объем грунта,

размяв его комочки, затем вливают 2,5 объема дистиллированной воды, закрывают пробирку, энергично встряхивают в течение 5 мин и ставят пробирку с грунтовой суспензией на 5—6 ч. После этого из отстоявшейся сверху жидкости берут несколько капель и вливают в другую пробирку, в которую капают одну каплю индикатора и доливают в пробирку исследуемый раствор до того же уровня, что и в пробирках шаблона. Сравнивая цвет полученной жидкости с пробирками-шаблонами для различной кислотности, определяют соответствующее значение рН. При рН=4—5 грунт считается сильнокислым, при рН=5—6 — кислым, при рН=6—7 — слабокислым, при рН=7—7,4 — нейтральным, при рН=7,4—8 — щелочным и при большем значении рН — сильнощелочным.

Щелочные грунты нужно исследовать на карбонатность, т. е. на наличие в них солей угольной кислоты CaCO_3 , Na_2CO_3 . Их процентное содержание в грунте измеряется специальным прибором — кальциметром или визуально. В последнем случае на образец грунта воздействуют концентрированной соляной кислотой — HCl . Если при этом грунт вскипает, карбонатность грунта больше 1%, если это вскипание быстро прекращается, карбонатность примерно 2%, если вскипание более интенсивное и продолжается около 30 с — карбонатность примерно 3%, при карбонатности 4—5% вскипание бурное, долгое с образованием пены.

Содержание в образцах песчаного грунта органических веществ определяют прокаливанием, у других грунтов обработкой перекисью водорода.

Основные внешние признаки и свойства грунтов техник-строитель дорог должен знать настолько хорошо, чтобы иметь возможность в полевых условиях быстро определить грунт, отличающийся по своим свойствам от предусмотренного проектом, например, из-за неполного снятия вскрышного слоя в карьере. Ниже приведены основные сведения о внешних признаках и свойствах наиболее распространенных разновидностей глинистых грунтов.

Супесь — на ощупь при растирании чувствуется преобладание крупных песчаных частиц, в сухом состоянии комья рассыпаются и крошатся при надавливании, во влажном состоянии грунт не пластичен, не скатывается в шнур, но из него можно образовать шар, который при легком надавливании рассыпается. Водопроницаемость удовлетворительная. Высота капиллярного поднятия 0,3—0,6 м. В дождливую погоду липкость почти отсутствует. По гранулометрическому составу грунт близок к оптимальному. По дорожно-строительным свойствам является лучшим из глинистых (связных) грунтов.

Супесь мелкая — на ощупь при растирании чувствуется преобладание мелких песчаных частиц. В сухом состоянии свойства те же, что и у супеси, во влажном можно с трудом скаты-

вать в шнур, который распадается на кусочки диаметром 3—5 мм. В отличие от супеси этот грунт без внесения крупнозернистых добавок малоустойчив в сухом и влажном состоянии.

Супесь пылеватая—на ощупь при растирании напоминает сухую муку, через лупу видно много песка и непылеватых частиц, в сухом состоянии комья легко рассыпаются и крошатся, а во влажном образуются пльвуны; при увлажнении этот грунт в шнур не скатывается, а сделанный шар при сотрясении растекается в лепешку, выделяя на поверхность воду (капиллярную). Высота капиллярного поднятия 0,8—1,5 м, в отдельных случаях до 2—3 м, водопроницаемость незначительная, грунт малосвязный, в водонасыщенном состоянии почти утрачивает несущую способность. Этот грунт в зимнее время является сильнопучинистым. Хорошо обрабатывается вяжущими материалами.

Суглинистый грунт. Комочки при растирании раздавливаются легко, песка ощущается мало, в лупу присутствие песчаных частиц просматривается на фоне тонкого порошка. В сухом состоянии комья и куски сравнительно тверды, но при ударе рассыпаются, образуя мелочь, во влажном состоянии проявляются пластичность и липкость, но длинный шнур не образуется; шар при сдавливании образует лепешку с трещинами по краям. Высота капиллярного поднятия 1—1,3 м. Водопроницаемость плохая. Грунт связный, часто образует пучины. В сухое время года обеспечивает проезд. При устройстве земляного полотна требует применения тяжелых уплотняющих машин.

Суглинисто-пылеватый грунт. Внешние признаки те же, что и у предыдущего грунта, но во влажном состоянии более пластичный и липкий, шнур рвется на кусочки диаметром 3 мм, шар при сдавливании также образует лепешку с трещинами. Высота капиллярного поднятия 1,5—2,0 м, в отдельных случаях до 3—4 м. Водопроницаемость очень плохая. Этот грунт во влажном состоянии еще менее устойчив, чем предыдущий, и еще более пучиноопасный. Для верхней части насыпи в сырых местах не пригоден.

Тяжелосуглинистый грунт. Внешние признаки те же, что и у предыдущих суглинистых грунтов, но во влажном состоянии пластичность и липкость еще выше, а при раскатывании можно получить длинный шнур диаметром 1—2 мм. Число пластичности > 10 . Высота капиллярного поднятия 1,5—2,0 м. Водопроницаемость очень плохая. Грунт очень связный, плотный, из-за почти полной водонепроницаемости вода в углублениях на поверхности задерживается, просыхание очень медленное.

Глинистый грунт. Песчаные частицы при растирании и раскатывании не чувствуются. Комочки раздавливаются с трудом. В сухом состоянии грунт твердый, при ударе разбивается на отдельные комья. Во влажном состоянии очень пластичный, липкий и мажущийся. При раскатывании можно получить

длинный и прочный шнур диаметром 1 мм. При сдавливании шара лепешка не образует трещин по краям. Высота капиллярного поднятия 1,5—2,0 м и выше. Грунт водонепроницаем, в сухое время очень твердый, имеет большую несущую способность. Очень медленно просыхает.

Щебень и галька, состоящие из каменных частиц, имеют остроугольную форму (щебень) и округлую (галька). Средний диаметр частиц 20—40 мм, они должны составлять по массе более половины пробы. Между частицами имеется мелкое заполнение.

Гравий и дресва имеют частицы со средним диаметром 5—20 мм с окатанными формами у гравия и острыми краями у дресвы.

Песок крупный имеет основную массу частиц 0,5—1,0 мм, глинистые частицы отсутствуют.

Песок средний имеет основную массу частиц 0,25—0,50 мм; в лупу видны только песчаные частицы.

Песок мелкий состоит из частиц, которые слабо различаются глазом.

Песок пылеватый при растирании напоминает жесткую пыль, оставляя много пылеватых частиц. Внешне представляет мелкую смесь с почти не различимыми частицами.

Для возведения земляного полотна наилучшими являются водоустойчивые дренирующие щебенистые и гравелистые грунты и непывелатые пески, можно применять легкие крупные супеси. Глинистые грунты пригодны для возведения насыпей, если их влажность не превышает оптимальную более чем на 10%. Примыкающие к мостам и путепроводам насыпи должны производиться из дренирующих грунтов. Нельзя применять для насыпей глинистые грунты влажностью, превышающей допустимую, торф, ил, мелкий песок и глинистые грунты с примесью ила и органических веществ, а также верхний почвенный слой, содержащий корни растений.

По трудности разработки машинами грунты делятся на четыре группы: I — легко поддающиеся разработке, II — средней трудности, III и IV — трудно разрабатываемые. Один и тот же грунт для одной машины относят ко II группе, для другой — к III группе. В разные периоды года в связи с изменением влажности один и тот же грунт может быть отнесен к разным группам, что следует учитывать при выборе машин.

Для определения группы грунтов в полевой обстановке можно использовать ударный прибор Союздорнии. Гипролестранс дает следующую рекомендацию для установления группы грунтов по числу ударов, требующихся для погружения в грунт наконечника ударника.

Группа грунтов	I	II	III	IV
Число ударов	1—4	5—8	9—15	16—35

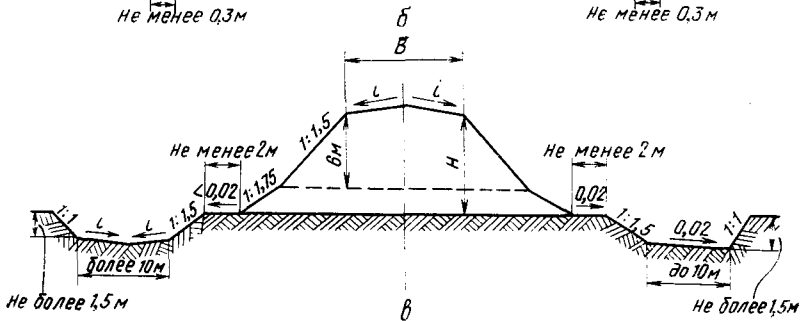
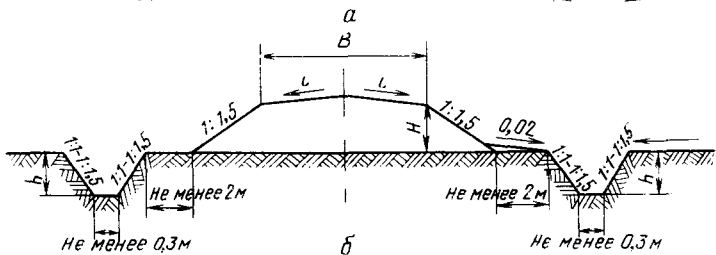
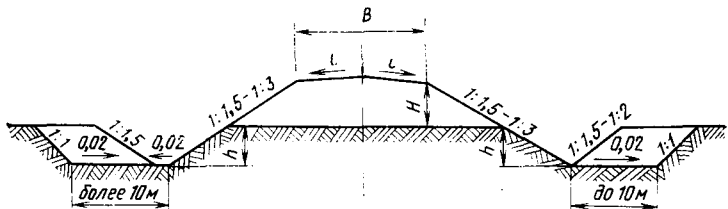
В справочных руководствах приводятся таблицы разновидностей грунтов с разделением на группы при использовании основных дорожных машин.

§ 2. ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

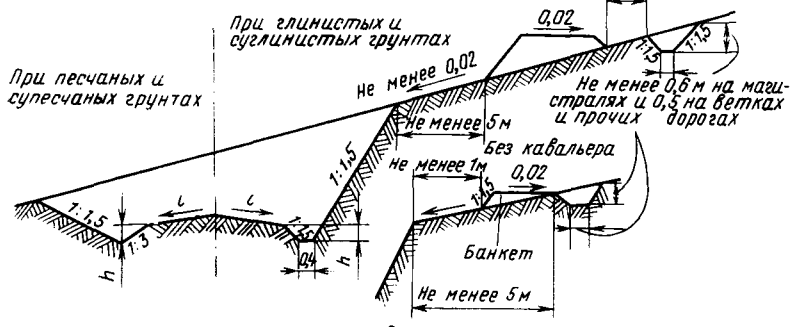
Формы земляного полотна лесовозных дорог определяются типовыми поперечными профилями, приводимыми в технических указаниях и «Инструкции по проектированию лесозаготовительных предприятий». На рис. 5 приведены поперечные профили наиболее распространенных форм земляного полотна. Наибольшее распространение на лесовозных дорогах получили насыпи с рабочей отметкой до 1 м. На рис. 5,а приведен поперечный профиль такой насыпи с канавами или резервами при поперечном уклоне местности до 1:10. Откосы 1:3 применяют при возведении насыпи бульдозером или грейдером. При использовании других механизмов откосы устраивают с уклоном 1:1,5. При поперечном уклоне местности круче 1:25 канавы устраивают только с нагорной стороны. Треугольный поперечный профиль канав применяют при песчаных и супесчаных грунтах. При суглинистых и глинистых грунтах следует применять трапецидальные канавы, имеющие большую пропускную способность. При песчаных грунтах глубина канав должна быть не меньше 0,5 м (для II и III климатических зон), трапецидальных 0,6 м с шириной по дну 0,4 м.

На сырых и заболоченных участках и при совмещении дорожных канав с мелиоративными при возведении насыпей высотой до 1 м и поперечном уклоне местности до 1:10 применяют поперечный профиль (рис. 5,б). В этом случае сечение канав при проектировании дороги устанавливают гидравлическим расчетом, но их глубина должна быть не менее 0,8 м.

На рис. 5,в приведен поперечный профиль насыпи высотой от 1 до 12 м при поперечном уклоне местности до 1:10. В этом случае откос крутизной 1:1,5 сохраняется только на верхней части насыпи высотой 6 м; нижняя часть для большей устойчивости имеет более пологие откосы (1:1,75). Если насыпь возводится из крупного или среднего песка, гравия, гальки или природного щебня, крутизна откоса 1:1,5 сохраняется на всю высоту насыпи. Насыпи на косогорах, имеющих крутизну от 1:10 до 1:5, возводятся с канавами или резервами только с нагорной стороны. У всех насыпей для обеспечения хорошего отвода воды верхняя площадка земляного полотна делается с уклонами 20‰ от центра дороги к откосам. Для обеспечения ее устойчивости крутизна откосов насыпи во всех случаях не должна быть больше 1:1,5. Поверхность берм у подошвы насыпи также должна иметь уклон от насыпи крутизной не менее 20‰. Бермы устраивают на участках, где возможен подмыв



с кавальером



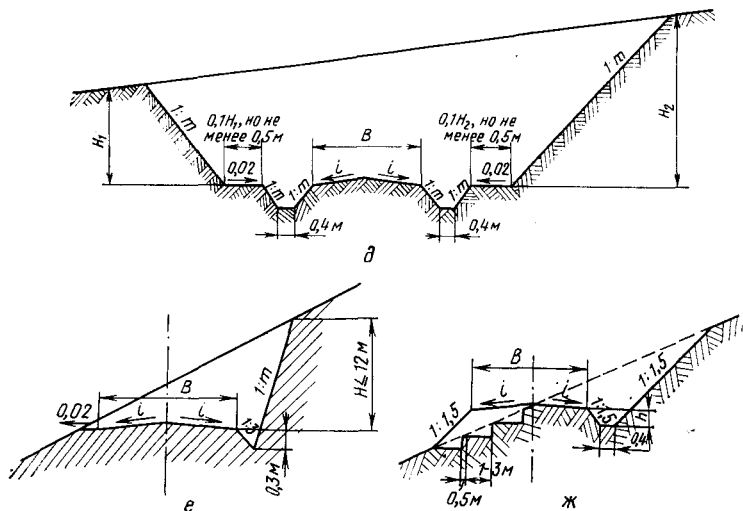


Рис. 5. Типовые профили земляного полотна лесовозных дорог:

а — насыпи высотой до 1 м при поперечном уклоне местности до 1 : 10; *б* — то же на сырых и заболоченных участках; *в* — насыпи высотой от 1 до 12 м; *г* — выемки в не- скальных грунтах глубиной до 12 м при поперечном уклоне местности не круче 1 : 3; *д* — то же при устройстве в грунтах, переходящих при увлажнении в мягкопластичное или текучее состояние; *е* — выемка в скальных породах при уклоне местности круче 1 : 3; *ж* — полунасыпь — полувыемка на косогоре крутизной до 1 : 3

насыпей поверхностными водами. Резервы должны иметь правильную трапецидальную форму, обеспечивая отвод воды в сторону от полотна дороги. Ни в коем случае нельзя допускать застаивания воды в резервах. Дно резерва должно располагаться выше уровня грунтовых вод, поэтому их глубина должна быть не более 1,5 м.

На рис. 5, г приведен поперечный профиль выемки на косогоре. Крутизна откосов выемок в глинах, суглинках, супесях и песках однородного напластования принимается 1 : 1,5, в лёссах и лёссовидных грунтах от 1 : 0,5 до 1 : 1,5, в крупнообломочных грунтах от 1 : 1 до 1 : 1,5, в слабывветривающейся скале при отсутствии трещиноватости и наклона пластов в сторону полотна дороги 1 : 0,2. Кавальеры в случае необходимости могут устраиваться с обеих сторон, на крутых склонах (круче 1 : 5) только с низовой стороны. Верхняя поверхность кавальеров должна иметь уклон в сторону от дороги. С верхней стороны кавальеры должны быть сплошными, с низовой — иметь разрывы 1 м, в понижениях через 50—100 м. Расстояние от бровки откоса до подошвы кавальера должно быть не менее 3 м, а при глинистых переувлажненных грунтах не менее, чем высота откоса +5 м (но не менее 10 м). Глубина канав в выемках должна быть при песчаных и супесчаных грунтах 0,6 м, при

глинистых, суглинистых и пылеватых 0,8 м при ширине по дну 0,4 м.

При расположении выемок с высотой откосов более 2 м в мелких и пылеватых песках, переувлажненных пылеватых суглинках, в жирных и пылеватых глинах и других грунтах, переходящих при увлажнении в мягкопластичное или текучее состояние, должны устраиваться закуветные полки шириной 0,5—1,0 м (рис. 5, *д*).

На устойчивых горных склонах крутизной более 1:3 земляное полотно, как правило, устраивают в виде полки, врезанной в косогор (рис. 5, *е*). На откосах при крутизне меньше, чем 1:3, устраивают полунасыпь — полувыемку (рис. 5, *ж*). Под насыпью на этом профиле устраивают уступы, особенно при крутизне склона от 1:5 до 1:3. Уступы делают шириной от 1 до 3 м с небольшим уклоном ($20^{\circ}/_{00}$) к краю для того, чтобы на их поверхности не задерживалась вода.

Таким образом, приведенные поперечные профили земляного полотна лесовозных дорог предусматривают все мероприятия для обязательного отвода воды в сторону от дорожного полотна.

§ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС

Определение объема земляных работ. Объем земляных работ подсчитывают попикетно по продольному и поперечному профилям. Объем насыпи на участке между двумя смежными рабочими отметками h_1 и h_2 , показывающими ее высоту в на-

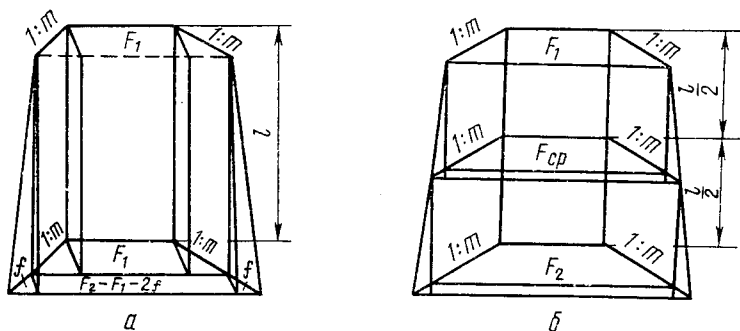


Рис. 6. Объем призматоида для расчетов объема земляных работ: *а* — по средней площади; *б* — по средней рабочей отметке

чале и в конце участка длиной l , можно рассматривать как призматойд (рис. 6, *а*). Для удобства определения объема призматойд разделяют плоскостями на призму с площадью основания F_1 , две трехгранные пирамиды, имеющие площади основания f , и клин с площадью основания, равной $(F_2 - F_1 - 2f)$.

Указанные площади равны:

$$F_1 = Bh_1 + mh_1^2, \quad F_2 = Bh_2 + mh_2^2, \quad f = 0,5m(h_2 - h_1)^2,$$

где B — ширина земляного полотна поверху, м;

m — показатель крутизны откоса.

Общий объем насыпи на рассматриваемом участке равен (m^3):

$$V = F_1 l + 2 \cdot 0,33fl + 0,5(F_2 - F_1 - 2f)l.$$

Подставив значения F_1 , F_2 и f , можно получить:

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l - \frac{m}{6} (h_2 - h_1)^2 l. \quad (\text{II.1})$$

Первый член правой части этой формулы представляет собой основной объем, а второй — отрицательную поправку на разность рабочих отметок.

Если призматок рассечь поперек (рис. 6, б), ввести среднюю площадь, равную $F_{\text{ср}} = Bh_{\text{ср}} + mh_{\text{ср}}^2$, где $h_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2}{2}$, и подсчитать объемы всех частей двух призматок, то можно получить другую формулу, впервые выведенную русским инженером Ф. Ф. Мурзо:

$$V = (Bh_{\text{ср}} + mh_{\text{ср}}^2) l + \frac{m}{12} (h_2 - h_1)^2 l. \quad (\text{II.2})$$

Здесь так же, как и в формуле (II.1), первый член правой части представляет основной объем, а второй — поправку на разность рабочих отметок. Если $h_1 - h_2 \leq 1$ м и $l \leq 50$ м, эту поправку можно не учитывать и пользоваться приближенными формулами:

$$V = F_{\text{ср}} l; \quad (\text{II.3})$$

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l. \quad (\text{II.4})$$

Формула (II.3) несколько проще и точнее, ее обычно используют в расчетах, если поперечный уклон местности не круче $1/5$. Если поперечный уклон местности круче, то по снятым на местности поперечникам определяют для каждого участка значения F_1 и F_2 , а объем определяют по формуле (II.4).

Для выемки формула (II.2) принимает вид:

$$[(2K - a) + B_0 h + mH^2] l + \frac{m}{12} (h_2 - h_1)^2 l,$$

где K — площадь кювета в выемке, m^2 ;

a — площадь выпуклой сливной (сточной) части на дорожном полотне, m^2 ;

B_0 — ширина выемки на уровне бровки земляного полотна, м; т. е. $B_0 = B + 2d$, где d — ширина кюветов поверху, м.

При высоте насыпей свыше 6 м для большей устойчивости их нижнюю часть следует отсыпать с более пологим уклоном.

Обозначим показатель крутизны откоса нижней уположенной части n . В этом случае надо к объему насыпи, определенному из условия неизменной крутизны откоса равной m на всей высоте, прибавить дополнительный объем в виде поправки на уложение откосов:

$$\Delta V_{\text{доп}} = (n - m) (H_{\text{ср}} - H_0)^2 l,$$

где H_0 — высота верхней части с крутизной откоса 1: m .

На кривых участках дорог при малых радиусах приходится устраивать уширение земляного полотна. На этих участках к основному объему земляного полотна (м^3) следует прибавлять дополнительный объем

$$\Delta V_{\text{кр}} = \Delta B H_{\text{ср}} l,$$

здесь ΔB — величина уширения земляного полотна, м.

Объемы земляных работ определяют по пикетам и заносят в ведомость. При подсчете земляных работ нужно учитывать уширение земляного полотна на кривых, объем, необходимый для компенсации толщины снятого растительного слоя, уширение земляного полотна на подходах к мостам, а также осадку насыпей. К дополнительным земляным работам относятся устройство водоотводных канав, переездов, конусов у мостов, а также планировка откосов насыпей и выемок.

Объем земляных работ большей частью определяется по таблицам¹. Если имеются таблицы для земляного полотна, имеющего иную ширину, чем проектируемое, то можно пользоваться и такими таблицами, если уклон откоса в таблицах и у проектируемого полотна одинаков. В этом случае в расчеты вводят поправку:

$$\Delta V' = (B - B_T) h_{\text{ср}} l,$$

здесь B — ширина земляного полотна, объем которого подсчитывается;

B_T — ширина земляного полотна, определяемая по таблицам.

При отсутствии таблиц объем земляного полотна подсчитывают по графикам и номограммам.

Плотность грунта в естественных условиях δ_e большей частью отличается от установленной нормативами плотности $\delta_{\text{тр}}$, что должно быть учтено соответствующей поправкой. Если насыпи возводятся из выемок и резервов, то требуемый в них объем грунта будет равен:

$$\Sigma V_{\text{в}} + \Sigma V_{\text{р}} = \Sigma V_{\text{н}} K_y = \Sigma V_{\text{н}} \frac{\delta_{\text{тр}}}{\delta_e},$$

где $\Sigma V_{\text{в}}$ и $\Sigma V_{\text{р}}$ — объемы грунта в выемках и резервах;

$V_{\text{н}}$ — объем насыпи;

K_y — коэффициент уплотнения.

¹ Митин Н. А. Таблицы для подсчета объемов земляного полотна автомобильных дорог. М., 1977.

Распределение земляных масс. В связи с тем, что дороги проектируют в основном в насыпях, используют поперечное перемещение грунта из расположенных вдоль насыпей резервов. Резервы нужно располагать так, чтобы из них был обеспечен хороший отвод воды. Размещение резервов начинают с пониженных мест, назначая линию пониженных мест дна резервов (обычно у внешней стенки), обеспечивающую сток воды. Уклон этой линии должен быть не менее 3⁰/∞. При невысоких насыпях (до 2 м) внутренний откос резерва служит продолжением откоса насыпи с уклоном 1 : 3. При более высокой насыпи между ее подошвой и краем резерва оставляют берму (со скатом воды к резерву) шириной 2 м. Длина участка насыпи между искусственными сооружениями обычно превышает длину резерва, поэтому поперечное сечение резерва равно:

$$f_p = \frac{\Sigma V_n K_y}{l_p},$$

где l_p — длина резерва (суммарная).

По продольному профилю резерва принимают его среднюю глубину h_p . Ширина резерва по дну равна:

$$B_p = \frac{f_p - (m + n)/2}{h_p} h_p.$$

Для составления смет необходимо определить расстояние перевозки грунта как из резерва в насыпи, так и продольной перевозки из выемок в насыпи. В пересеченной местности для определения расстояния продольного перемещения и распределения объемов работы, выполняемой бульдозерами, скреперами и самосвалами, строят кривую объемов. Для этого используют данные поикетного определения объемов земляных работ. Ординаты кривой представляют собой объемы земляных работ, подсчитанные нарастающим итогом, причем объемы выемок рассматриваются как запасы грунта для создания насыпей и последовательно суммируются. Объемы насыпей вычитаются из объемов выемок, в связи с чем по мере увеличения объемов насыпей ординаты кривой объемов уменьшаются и могут принимать отрицательные значения. Характер определения ординат кривой объемов виден из рис. 7 и табл. II.4. Вертикальный масштаб кривой берется произвольно, но так, чтобы линии кривой имели наклон к горизонтали примерно 40—50°. Горизонтальный масштаб равен масштабу профиля. На участках сплошных насыпей кривая объемов не строится.

Кривая объемов имеет следующие особенности:

всякая ордината представляет собой объем грунта в принятом масштабе; разница двух ординат, ограничивающих какой-либо участок, показывает объем земляных работ на данном участке;

восходящие ветви кривой относятся к участкам дорог, на которых располагаются выемки, а нисходящие ветви кривой относятся к насыпям;

высшие точки кривой совпадают с местами перехода от выемки к насыпи, а низшие — с местами перехода от насыпей к выемкам;

каждый сегмент, ограниченный кривой объемов и горизонтальной линией, включает равные объемы выемки и насыпи;

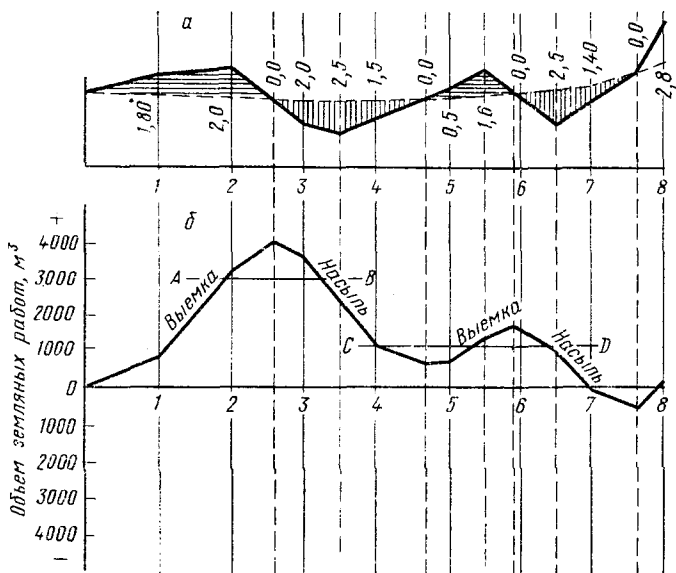


Рис. 7. Пример построения кривой объемов по продольному профилю:
 а — продольный профиль; б — кривая объемов

горизонтальные линии, отсекающие участки с объемами выемок и насыпей, равными друг другу, называются распределительными линиями (AB и CD на рис. 7);

площадь сегмента представляет собой в масштабе транспортную работу по перемещению грунта из выемки в насыпь;

среднее расстояние продольного перемещения из выемки в насыпь грунта, имеющего объем, равный максимальной ординате сегмента, представляет собой площадь сегмента, деленную на максимальную ординату в соответствующем масштабе.

Для определения среднего расстояния продольного перемещения грунта на каждом участке кривой объемов, отсеченном распределительной линией, строят прямоугольник, равновеликий по площади сегменту с высотой равной максимальной ординате. Длина такого прямоугольника представляет собой среднее расстояние перемещения грунта на данном участке.

Распределяющие линии проводят на кривой объемов выше или ниже в зависимости от вида применяющихся дорожных механизмов и предельного расстояния продольного перемещения. При этом следует учитывать род грунтов и целесообразность их использования для возведения насыпей.

II.4. Пример определения ординат кривой объемов для профиля, изображенного на рис. 7, при ширине земляного полотна $B = 7,5$ м

Пикеты и плюсы	Длина участка, м	Объем земляных работ, м ³		Ординаты кривой объемов, м ³	
		в выемках	в насыпях	+	--
0					
	100	800			
1				800	
	100	2400			
2	60	820		3200	
2 + 60				4020	
	40		400		
3				3620	
	50		1320		
3 + 50				2300	
	50		1150		
4				1150	
	70		525		
4 + 70				625	
	30	65			
5				690	
	50	700			
5 + 50				1390	
	40	380			
5 + 90				1770	
	60		750		
6 + 50				1020	
	50		1100		
7					80
	65		470		
7 + 65					550
	35	620			
8				70	

При волнообразной кривой объемов оптимальное положение распределяющих линий будет в том случае, если сумма хорд, стягивающих выпуклые участки кривой объемов, равна сумме хорд, стягивающих вогнутые участки кривой. При проведении на кривой распределяющих линий все земляные работы разделяются на объемы: продольного перемещения из выемок в насыпи, поперечного перемещения из выемок в кавальеры, поперечного перемещения из резервов в насыпи, продольного перемещения из карьеров в насыпи.

В отличие от профильного объема земляных работ, включающего весь объем насыпей и выемок, производственный (рабочий) объем земляных работ равен объему всех выемок плюс объем насыпей, возведенных из резервов (и карьеров), или же он равен объему всех насыпей плюс объем грунта выемок, перемещаемых в кавальер.

§ 4. ПОДГОТОВКА ДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

В состав подготовительных работ входят восстановление и закрепление трассы дороги, разбивка мест строительства искусственных сооружений, площадок под грунтовые карьеры и резервы, под временные отвалы грунта и вскрышных пород, расчистка трассы от кустарника и леса, корчевка пней и уборка валунов, срезка растительного грунта (если это предусмотрено проектом), устройство водоотводных и осушительных канав.

Прежде чем начинать работы по восстановлению трассы, необходимо тщательно изучить и проверить материалы проекта, план и продольный профиль дороги, трассу в натуре, проверить правильность подсчета объемов работ, баланс земляных работ, проектные расстояния перемещения грунтов, равенство сумм длин прямых и кривых на плане, правильность определения длины кривых и пикетного положения точек начала и конца кривых. При осмотре в натуре может быть изыскана возможность улучшения и удешевления строительства за счет частичного изменения проекта. Такие изменения должны быть согласованы с проектной организацией.

Восстановление трассы начинается с поиска сохранившихся пикетных и угловых столбиков и точек, закрепления вершин углов поворота и обозначения затесками границы просеки. Перед расчисткой дорожной полосы восстанавливают и закрепляют вынесенными в сторону повторителями пикеты, обозначают границы участков корчевки и срезки пней заподлицо с поверхностью. После корчевки, используя повторители, снова восстанавливают пикетаж, производят детальную разбивку круговых и переходных кривых¹ и земляных работ, закрепляют створными столбами оси мостов и труб и выставляют дополнительные реперы у мостов и по трассе примерно через каждые 500—1000 м, но не реже чем через 2 км. Схемы разбивки и закрепления основных точек трассы показаны на рис. 8.

В начале подготовительного периода создают геодезическую разбивочную основу для последующего строительства дороги. При этом восстанавливают и закрепляют на месте все точки, определяющие положение будущей дороги в плане и профиле, а затем уже непосредственно разбивают земляные работы. В со-

¹ Разбивка кривых рассматривается в курсе геодезии.

ответствии с положениями СНиП III-38-75 при ведении строительства дороги подрядной организацией геодезическую разбивочную основу должен создавать заказчик, передавая закрепленные на месте пункты и знаки подрядчику вместе с проектом дороги. Геодезическая разбивочная основа представляет собой знаки, закрепляющие в плане вдоль оси дороги вершины углов поворотов и главные точки круговых и переходных кривых. Кроме

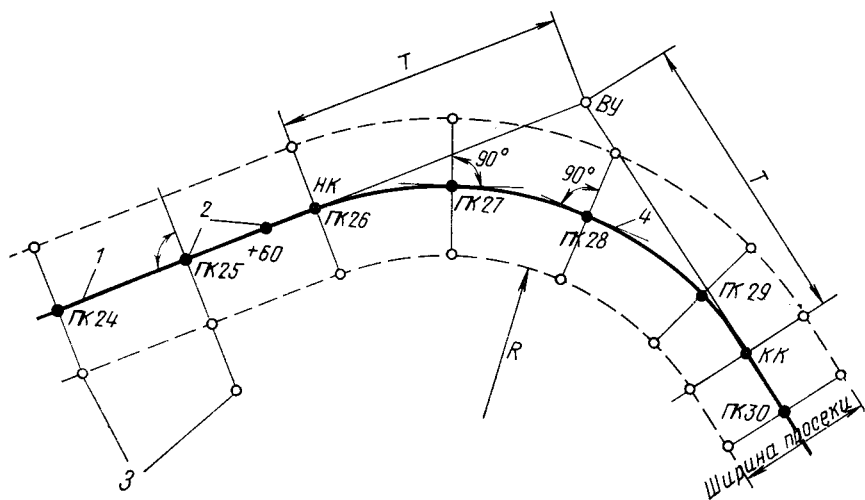


Рис. 8. Схемы разбивки и закрепления основных точек трассы

того, на промежуточных участках дороги не реже чем через 1 км должны быть поставлены створные точки (вехи).

Строительная организация занимается разбивкой и закреплением на местности промежуточных точек переходных и круговых кривых, пикетов и плюсовых точек, установкой при необходимости дополнительных реперов (например, на косогорных участках), разбивкой осей водоотводных сооружений и осей складских и станционных (на железных дорогах) путей. Разбивка промежуточных точек круговых и переходных кривых, как правило, производится через 20 м с закреплением в натуре высотных отметок и их продольным нивелированием (СНиП III-Д.5—73).

После выполнения геодезических работ приступают к подготовительным работам: расчистке просеки от леса, осушению полотна, прокладке подъездных дорог к карьерам, постройке и оборудованию хозяйственных баз и складов. Как указано в Строительных нормах и правилах, вырубка кустарника и леса при строительстве дорог должна выполняться только в необходимых размерах. Расчистка дорожной полосы от леса и кустарника по нормам производится на ширину 40 м, но,

если возможно, полосу следует расчищать на ширину меньше указанной. При устройстве широких и прямых просек может возникнуть ветровал деревьев, примыкающих к краю полосы, поэтому просеки в любом месте дороги должны иметь минимально необходимую ширину. Пни диаметром до 0,3 м и с поверхностной корневой системой корчуют отвалом бульдозера. Пни большего диаметра и с вертикальными глубокими корнями и пни диаметром 0,4—0,5 м с поверхностной корневой системой следует удалять корчевателями.

Расчистка просеки. Прорубка просеки должна быть сделана заблаговременно, желательно за год-два до строительства дороги. Прорубку просеки выполняют основные лесозаготовительные бригады в зимний период, чтобы заготовленную древесину можно было вывезти автопоездами по промерзшему грунту, расчищая временные дороги бульдозерами или путепрокладчиками БАТ-М. Просеку разбивают участками длиной 250—500 м, устраивая погрузочные площадки для заготовленных хлыстов. Автопоезда загружаются челюстными погрузчиками. Часть заготовляемой древесины, необходимой для строительства искусственных сооружений и настилов, передается строителям дороги. Ее следует немедленно раскряжевать, окорить и уложить в штабеля с прокладками.

Расчистка просеки от кустарника и мелкокося производится кусторезами, производительность которых определяют по формуле

$$P_k = \frac{bv(TK_v - n_{\text{п}}t)}{10m}, \quad (\text{II.5})$$

где b — ширина захвата, м;

v — рабочая скорость движения, км/ч;

T — продолжительность смены, ч;

K_v — коэффициент использования времени равный 0,75—0,83;

$n_{\text{п}}$ — число поворотов на концах рабочего хода;

t — время одного поворота, ч;

m — число проходов по следу равное 1—4.

На лесовозных дорогах круглогодичного действия корчевка производится под насыпями высотой до 0,5 м, а также на полосе, где удаляют растительный слой, устраивают выемки, резервы, канавы, уступы и пр. При высоте насыпи более 0,5 м пни срезают заподлицо с землей. Для корчевки используют как специальные корчеватели (Д210Г, Д-496А, КБК-2А, ЛК-7, ДП-8, ДП-27, ЛД-9 и др.), так и мощные бульдозеры. Схема работы корчевателей при расчистке просеки приведена на рис. 9.

Одной из современных, усовершенствованных машин является корчеватель ЛД-9, размещаемый на тракторе Т-100 или Т-130Г.

На его поперечной балке (трубе) укреплены семь зубьев с захватом шириной 2800 мм. Для подъема рамы впереди име-

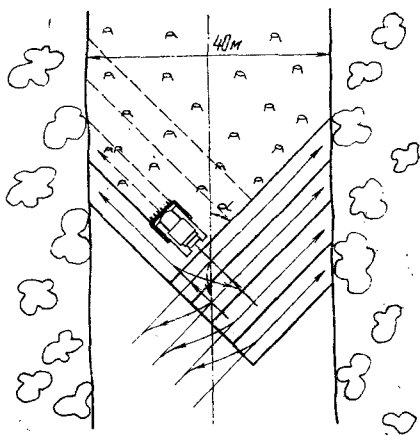
Рис. 9. Технологическая схема работы корчевателя

ются два гидроцилиндра. По два зуба с каждого края могут откидываться, поэтому все тяговое усилие передается на оставшиеся три зуба. Наибольшее корчующее усилие 500 кН. Производительность корчевателя 0,50—0,55 га/смену. Мелкие пни (диаметром до 0,2 м) корчуются сразу, при диаметре пней 0,2—0,4 м корчеватель предварительно заглубляет зубья на 0,3—0,6 м и затем гидроцилиндрами поднимает зубья вместе с пнем. При большем диаметре пней необходимо предварительно с двух или со всех сторон обрывать боковые корни и только после этого заглублять зубья под корень.

Мощные тракторы, например ДЭТ-250, обеспечивают толкающее усилие 250—300 кН, благодаря чему могут корчевать пни диаметром до 0,9—1,0 м. Пни диаметром до 0,4 м они корчуют сразу. Производительность трактора ДЭТ-250 на корчевке пней с одновременным снятием растительного слоя составляет 1,3—1,4 га/смену.

В настоящее время киевский завод «Стройдормаш» начал выпускать путепрокладчик БАТ-М для прокладки дорог, который можно эффективно использовать на подготовительных работах. Он предназначен для выполнения работ больших объемов или для последовательного выполнения различных дорожных работ одним агрегатом (многоцелевое использование): прокладки грунтовых дорог и их ремонта, расчистки местности (дорог, площадок) от кустарника, пней и мелколесья, производства земляных работ, засыпки оврагов, котлованов, траншей, планировки, расчистки дорог и местности от снега, погрузочно-разгрузочных работ при строительстве дорог, труб и мостов.

Путепрокладчик смонтирован на базе гусеничного тягача мощностью 305 кВт, от двигателя которого осуществляется привод рабочих органов. Машина имеет универсальный бульдозерный отвал в виде двух крыльев с вертикальным шарниром в середине и лыжей впереди. Крылья отвала могут устанавливаться в двухотвальное, бульдозерное, грейдерное и комбинированные положения. Опорная лыжа обеспечивает равномерное срезание грунта, облегчает управление отвалом и разгружает передние катки тягача при земляных работах. Бульдозерный отвал может подниматься и откидываться назад, создавая транспортное положение путепрокладчика. Кроме того, машина имеет меха-



низмы для подъема и погружения отвала, поворотный гидравлический кран грузоподъемностью 2 т для механизации погрузочно-разгрузочных работ. Для подтягивания и опускания грузов, а также самовытаскивания машины или корчевательных работ на путепрокладчике имеется тяговая лебедка с тросом длиной 100 м и тяговым усилием в 255 кН. Обслуживает агрегат один человек.

Производительность этой машины на землеройных работах составляет от 150 до 450 м³/ч, на прокладке дорог от 1,5—10 км/ч. Рабочие скорости передвижения 5,4; 11,5; 16,2 км/ч, а транспортная до 35 км/ч. Ширина захвата в бульдозерном положении 5 м и в грейдерном 4 м. Кромка ножа может перемещаться ниже опорной поверхности гусениц на 600 мм и выше опорной поверхности на 900 мм.

В настоящее время вновь выпускаемые бульдозеры, как правило, оснащают с задней стороны навесными рыхлителями с гидравлическим управлением, что уменьшает число машин и увеличивает коэффициент их использования.

Производительность рыхления (м³/смену) при корчевке пней и корней кустарника составляет:

$$P_p = 1000 \frac{bv(TK_b - n_{пт})h}{m},$$

где h — глубина рыхления (остальные значения указаны выше).

Если в формуле опустить значение h , то получим производительность в квадратных метрах в смену. Производительность корчевателей-сборателей определяют по формуле (II.5), принимая $K_b = 0,85—0,90$ и $m = 2—3$.

До начала земляных работ с поверхности грунта удаляют также и валуны (бульдозерами, или закапывая в грунт на глубину не меньше чем 0,3 м от дна выемки или планировочной насыпи). Растительный грунт снимают бульдозером или скрепером. Объем грунта, перемещаемого за один проход, в рыхлом состоянии составляет 3,1 м³ для трактора Т-100, 4,4 м³ для трактора Т-140 и 6,3 м³ для ДЭТ-250. Коэффициент разрыхления перемещаемого грунта I группы — 1,21, грунта II группы — 1,25 и грунта III группы — 1,29.

Для вычесывания остатков грунт рыхлят стойковыми рыхлителями путем двойного прохода рыхлителя по всей ширине. Наилучшее качество достигается при зигзагообразных проходах.

Острые пеньки кустарника и мелкого леса, портящие покрывки автомашин, необходимо срезать ножом отвала бульдозера или кустореза, опуская его до самой земли. Нож должен быть острым, так как тупые ножи не срезают, а сминаят кустарник, а когда он мокрый, происходит выталкивание отвала на поверхность.

Отвод поверхностных вод. При устройстве любых земляных сооружений, а также карьеров должны быть прежде всего выполнены работы по ограждению их от стока поверхностных вод. Основные водоотводные сооружения должны устраиваться до начала основных земляных работ. Поперечные сечения канав приводятся в проектах дорог. Прежде всего необходимо проверить места прокладки канав, наметить их точное положение в соответствии с проектом. Кроме канав, указанных проектом, приходится устраивать и временные водоотводные каналы, не предусмотренные проектом для осушения мест, где скапливается вода. Их направление намечается самими строителями. Вода из таких участков должна отводиться в пониженные места или в специально отрываемые бульдозерами временные испарительные бассейны.

В первую очередь следует устраивать каналы с нагорной стороны выемок так, чтобы нижний край был не ближе 5 м от бровки выемки. Если с верховой стороны выемки будет отсыпаться кавальер, то нагорная канава устраивается за подошвой кавальера на расстоянии 1 м. Продольные водоотводные каналы устраивают с нагорной стороны вдоль насыпи (если нет резервов) в 2 м от подошвы насыпи. На заболоченных местах прокладывают также и осушительные каналы, располагая их с обеих сторон насыпи.

Нарезку неглубоких водоотводных и осушительных канав выполняют бульдозерами с дополнительным профильным ножом на отвале, бульдозерами с откосным отвалом, кусторезами с траншейным оборудованием, а также прицепными грейдерами. Для разработки канав трапецеидального сечения глубиной 0,8—0,9 м используют автогрейдеры, прицепные грейдеры с откосниками или плужные канавокопатели. Длину захватки принимают 500—1000 с постепенным увеличением заглубления ножей так, чтобы продольный уклон дна канав был не менее 0,003.

Нагорные водоотводные и осушительные каналы устраивают плужными канавокопателями, одноковшовыми экскаваторами (обычно с обратной лопатой) или канавокопателями на базе многоковшовых экскаваторов.

§ 5. ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ И РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК БУЛЬДОЗЕРАМИ

В нашей стране около 40% объема земляных работ в строительстве выполняют бульдозерами. С их помощью возводят насыпи высотой до 2 м из резервов, разрабатывают выемки, укладывая грунт в насыпи или кавальеры, перемещают ранее разработанный грунт, планируют площадки и откосы насыпей, засыпают траншеи, перемещают грунт к месту его погрузки экскаватором.

Бульдозер представляет собой гусеничный или колесный трактор с навесным оборудованием в виде широкого отвала, устанавливаемого впереди нормально к продольной оси трактора. К нижней части отвала прикрепляют ножи, которые при износе можно переверачивать или снимать для заточки. В ряде конструкций отвал поворачивается в поперечной и вертикальной плоскостях. В большинстве случаев бульдозерное оборудование можно снять с базового трактора и навесить вместо него рых-

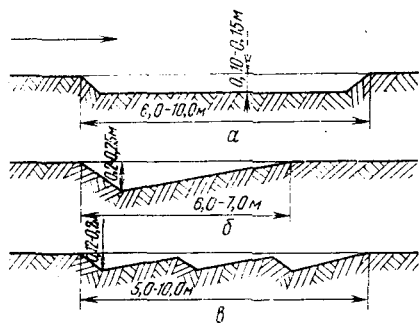
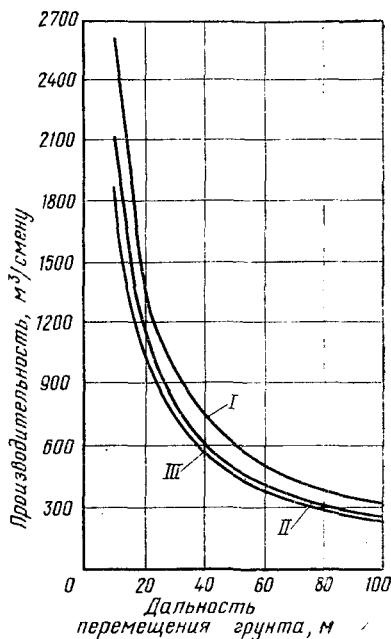


Рис. 10. Схемы срезки грунта бульдозером:
 а — прямоугольная; б — клиновидная;
 в — гребенчатая

Рис. 11. Зависимость производительности бульдозеров мощностью 70—80 кВт от дальности перемещения грунта:
 I, II и III — группы грунта по трудности разработки



литель, кусторез или корчеватель, что значительно расширяет возможности использования базового трактора.

Основная работа бульдозера заключается в разработке, перемещении и распределении грунта. Для отделения части грунта от массива нож отвала заглубляется в грунт с одновременным перемещением бульдозера вперед. Объем грунта, накапливаемый перед отвалом, равен 3—6 м³. После того как грунт достигнет верхней кромки отвала, заглубление последнего прекращается и призма волочения передвигается к месту укладки грунта. Здесь отвал поднимают вверх, если грунт разгружают в виде кучи, или приподнимают на толщину слоя, если грунт разравнивают.

В зависимости от условий работы используют три основные схемы срезки грунта (рис. 10): прямоугольную для получения

стружки равномерной величины, клиновидную с постепенным уменьшением толщины стружки, гребенчатую.

При прямоугольной схеме отвал сразу же заглубляют в грунт на величину, соответствующую мощности бульдозера и группе грунта, затем бульдозер продвигают вперед с полным использованием мощности трактора и срезкой толстой и равномерной стружки. Такая схема применяется при движении бульдозера под уклон, срезке грунта с косогоров или разработке выемки, снятии растительного слоя (в последнем случае бульдозером должен срезаться только растительный слой без захвата нижележащего слоя грунта).

Клиновидная схема используется на легких и несколько влажных грунтах. Отвал сразу заглубляют на максимальную величину и в процессе движения постепенно поднимают. При работе на тяжелых плотных грунтах значительное заглубление отвала невозможно и в этом случае применяют гребенчатую схему. В этом случае отвал также заглубляют в грунт до заметной перегрузки двигателя (снижение оборотов), а затем в процессе движения трактора отвал поднимают на $\frac{3}{4}$ заглубления и снова заглубляют в грунт на возможную величину. Повторяя 2—3 раза заглубление и подъем, обеспечивают полный набор грунта перед отвалом при почти 100%-ном использовании мощности. Однако большое количество переключения рычагов управления быстро утомляет бульдозериста, поэтому следует чередовать виды работ и применение различных схем с учетом условий работы бульдозера. Во всех случаях грунт должен разрабатываться при влажности, близкой к оптимальной.

Возведение насыпей бульдозерами обычно производят из боковых резервов. Бульдозерами мощностью 75—110 кВт целесообразно устройство насыпей высотой до 1,5 м. При перемещении грунта со смежного косогора можно возводить насыпи высотой до 2 м. Если насыпь имеет большую высоту, ее верхнюю часть отсыпают скреперами или из грунта, подвезенного самосвалами. С увеличением дальности перемещения производительность бульдозеров резко уменьшается, что видно из рис. 11.

Возведение насыпи из резервов может производиться по разным технологическим схемам в зависимости от ширины и высоты насыпи, вида грунтов, типов машин. При невысоких насыпях работа выполняется на двух смежных захватках: на первой грунт из резерва отсыпают в насыпь и разравнивают, на второй уплотняют катками.

В связи с тем, что при перемещении бульдозера из резерва в насыпь он преодолевает значительные сопротивления, более целесообразно использовать несколько бульдозеров: одни только для перемещения грунта, другие для его разравнивания. На рис. 12 приведена схема возведения земляного полотна бульдозерами в комплексе с разравнивающими, уплотняющими и планирующими машинами. На участке А снимают растительный

слой, на захватках *I*, *II* и *III* разрабатывают грунт в резерве и перемещают в насыпь с разравниванием и уплотнением, на участке *Б* производится рекультивация откосов слоем растительного грунта и планировка обочин. Цифрами 1—9 обозначены бульдозеры, 10 и 11 — катки на пневматических шинах, 12 — автогрейдер. На каждой из захваток работают по одному звену. Первое звено отсыпает и уплотняет первый слой насыпи, второе — второй слой и третье — последний, верхний слой. Планировочные работы выполняет автогрейдер 13 с бульдозером 9.

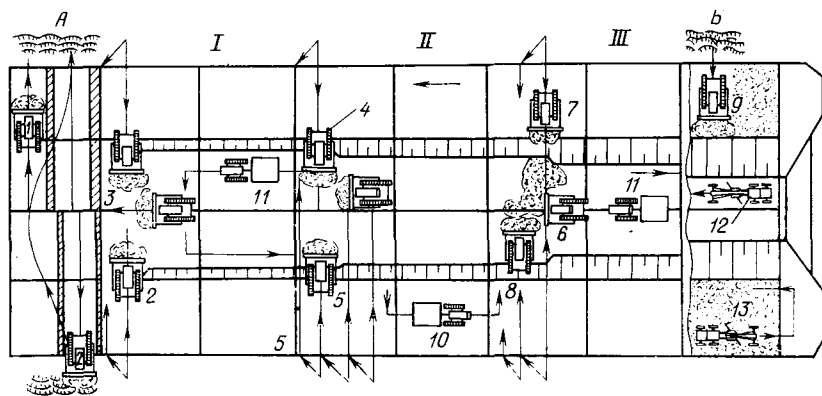


Рис. 12. Технологическая схема возведения земляного полотна бульдозерами в комплексе с разравнивающими, уплотняющими и планирующими машинами

Выпускаемый в настоящее время универсальный бульдозерный отвал ЛД-10, являющийся навесным оборудованием агрегата ЛД-4 на базе трактора Т-130, может выполнять целый комплекс различных работ: расчистку дорожной полосы от мелких пней, кустарника и растительного слоя, возведение насыпей из боковых резервов, разработку косогоров, устройство и очистку дорожных канав, а также различные планировочные работы. Таким образом эту машину можно использовать на работах, выполняемых бульдозерами, одноотвальными канавокопателями, профилировщиками, автогрейдерами. Универсальный отвал ЛД-10 управляется тремя гидроцилиндрами, в связи с чем отвал можно поворачивать в горизонтальной плоскости и фиксировать в любой точке при повороте от 0 до 55°, можно изменять угол поперечного перекоса от 0 до 30° в одну и от 0 до 40° в другую сторону и, кроме того, изменять угол резания от 50 до 80°. Гидравлическое управление позволяет заглублять отвал до 740 мм и поднимать на 1250 мм от опорной поверхности. Благодаря такому широкому диапазону параметров, определяющих положение отвала в пространстве (рис. 13), агрегатом ЛД-10 можно

планировать откосы насыпей любой крутизны, отрывать канавы, перемещать грунт как перед отвалом, так и в боковом направлении. Продольно-круговая схема работы при возведении насыпей повышает производительность агрегата за счет уменьшения холостых ходов, уменьшает необходимую ширину резерва и тем самым объем работ по корчевке. При работе по этой схеме разработка грунта производится при косом расположении

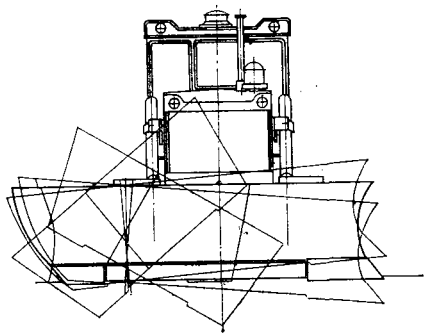


Рис. 13. Расположение отвала ЛД-10 для обычных работ, устройства канав и планировки откосов насыпи

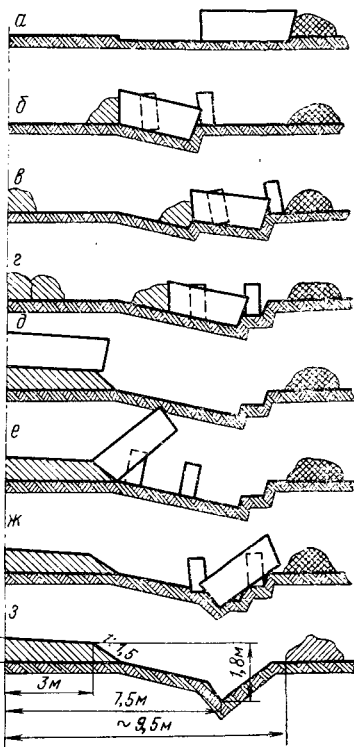


Рис. 14. Последовательность возведения насыпи по продольно-круговой технологической схеме:

а — снятие растительного слоя; *б* — разработка первой полосы; *в* — разработка второй полосы; *г* — углубление второй полосы; *д* — планировка верха насыпи; *е* — планирование откосов; *ж* — устройство водоотвода; *з* — готовое земляное полотно

отвала так же, как при работе автогрейдера или прицепного грейдера. При этом при первых проходах одна гусеница движется по неразработанному грунту.

Технологическая схема возведения насыпи круговыми проходами ЛД-10 (или БАТ-М) приведена на рис. 14. После установки колышков, фиксирующих край будущей подошвы насыпи, вдоль них делают первый проход с тем, чтобы четко обозначить границу подошвы. Последующими проходами (двумя-тремя при ширине резерва 6—7 м) срезают растительный слой, отодвигая его в сторону от дороги за пределы будущего резерва. После этого продольными проходами осуществляют зарезание. Ширина срезаемого слоя должна быть наибольшей, а толщина

регулируется по загрузке двигателя. Срезаемые валики перемещают на земляное полотно и укладывают вприжим, начиная от середины полотна. По достижении проектной высоты насыпи за счет регулирования толщины стружки создается продольный уклон дна резерва.

Для обеспечения надежного продольного водоотвода концом отвала на дне резерва устраивают канаву треугольного сечения. Вынутый из нее грунт перемещают в насыпь или же за внешнюю бровку резерва. В сухое время года грунт перемещают в насыпь после двух-четырех проходов на зарезание, при повышенной влажности — после каждого прохода на зарезание. Реко-

II.5. Рекомендуемые углы установки отвала бульдозера ЛД-10

Вид работы	Угол установки отвала, град		
	резания	захвата	поперечного перекоса
Разработка грунта в резерве при устройстве насыпей	50—55	40—50	По условию образования треугольной стружки
Перемещение грунта в насыпь	55—60	50—60	
Планировка полотна поверху	70—80	60—65	Плавающее положение
Устройство канавы:			
левым концом	75—80	35—40	15—20
правым концом	50—60	40—50	30—40

мендуемые углы установки отвала при разработке грунтов I—III групп и других работах приведены в табл. II.5.

По окончании возведения насыпей на захватке грунт на насыпи разравнивают отвалом при движении трактора передним или задним ходом. Одновременно формируют сливную призму. По данным испытаний, выработка на одного рабочего в смену 950 м³, трудоемкость на 1000 м³ готовой насыпи из грунтов II группы 1,06 чел.-дня, в том числе на разработку и перемещение грунта 1 чел.-день и на разравнивание грунта в насыпи и планировочные работы 0,06 чел.-дня.

Разработка выемок бульдозерами выполняется главным образом при продольном перемещении грунта в смежную насыпь, что экономически целесообразно на расстояние не свыше 70—100 м. Дело в том, что при длительном перемещении грунта бульдозером значительная часть грунта теряется. Поэтому при больших продольных перемещениях путь целесообразно делить на отрезки длиной 25—40 м и сначала накапливать грунт на первом участке, затем в конце второго и потом перемещать на третий. В этом случае полностью используется мощность трактора, так как на втором и третьем участках будет перемещаться больший объем грунта, чем при непрерывном перемещении призм по длинному участку. При такой схеме получают промежуточ-

ные валы, из которых грунт перемещают в другой вал или непосредственно в насыпь.

Разработка выемок бульдозерами производится по ярусно-траншейной схеме, путем устройства параллельных полос — траншей, разделенных стенками нетронутого грунта между ними (шириной не менее 1 м). Эти стенки препятствуют потере грунта при его перемещении в траншеях (рис. 15). Разработку выемок начинают с наиболее близких к воздвигаемой насыпи участков. Уклон подошвы в каждом забое должен быть не менее 10—30%.

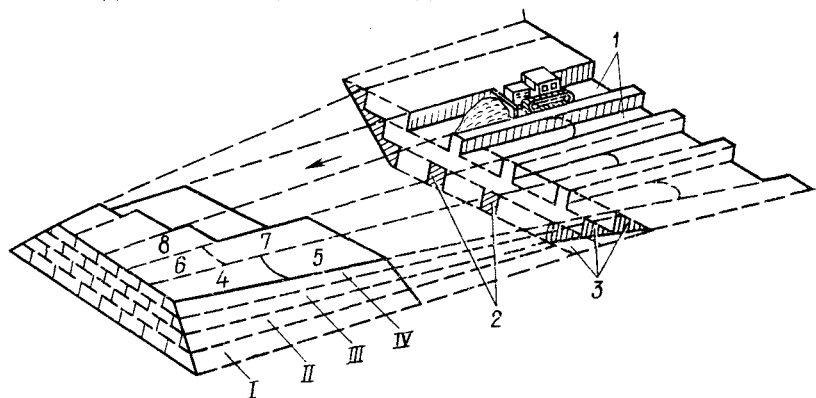


Рис. 15. Разработка грунта бульдозером с перемещением в насыпь продольными проходами:

I, II, III, IV — ярусы; *1* — траншеи, используемые для перемещения грунта в насыпь; *2* — стенки траншей; *3* — полки откосов; *4—8* — порядок укладки слоев грунта в насыпь

Если не требуется перемещать грунт из выемки в насыпь, разработку мелких выемок, а также верхней части глубоких выемок можно производить поперечными перемещениями грунта бульдозером, отсыпая его в кавальеры так же, как и при разработке резервов. При прокладке дорог на косогорах следует применять бульдозеры с поворотным отвалом (имеющие цилиндр перекоса) или специальные террасеры. Поставив отвал под углом к направлению движения, бульдозер срезает клиновидную стружку и отваливает ее в сторону откоса. После нескольких проходов и создания на откосе рабочего уступа ведут дальнейшую разработку косогора продольными ходами универсального бульдозера. Для этой работы особенно удобно использовать отвал ЛД-10, который может срезать и откосы косогора.

В настоящее время дорожные машины оснащают средствами автоматизации, которые обеспечивают рост производительности труда, повышают эффективность использования дорожных машин и облегчают труд машинистов. В первую очередь автоматизируют наиболее утомительные операции, такие как управление положением рабочего органа при планировочных и отделочных работах, когда необходимо точно выдерживать задаваемые отметки, продольный и поперечный уклоны и ровность

поверхности. В лесной промышленности на планировочных работах начали использовать машины, укомплектованные системой «Автоплан» для автоматической дистанционной (из кабины трактора) стабилизации положения отвала бульдозера. К таким бульдозерам относятся ДЗ-54 (Д-687А) и ДЗ-18А (Д-493Б). Автоматическая стабилизация углового положения отвала у этих бульдозеров позволяет выдерживать заданный угол поверхности в продольном направлении, улучшать планирующие свойства бульдозера. В этом случае отклонения поверхности от проектной не превышают ± 5 см.

§ 6. ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ ГРЕЙДЕРАМИ

Автогрейдеры и прицепные грейдеры широко используют при содержании и ремонте автомобильных дорог, но их можно успешно применять и на строительстве дорог как для профилирования дорожного полотна, так и для возведения насыпей высотой до 0,70—0,75 м с перемещением грунта из боковых резервов. При большей высоте насыпи число проходов увеличивается на 20—25% и применение грейдеров становится невыгодным.

Профилированием называется вырезка грунта из боковых канав с перемещением к середине проезжей части и разравниванием перемещенного грунта с образованием выпуклого поперечного профиля. При профилировании применяют последовательные проходы грейдера с обеих сторон земляного полотна. При этом работа производится циклами. В каждом цикле имеются один-два прохода с зарезанием, затем проходы по перемещению и разравниванию грунта. На рис. 16 показана 18-проходная схема профилирования дороги. В ней предусмотрено, что зарезание выполняется во время 1, 3, 10 и 12-го проходов. Отделку продольных водоотводных канав при последних проходах выполняют откосниками.

При работе грейдеров важное значение имеет правильное положение отвала, определяемое величиной установочных углов: захвата, резания и наклона. Углы захвата и наклона отвала могут изменяться в процессе движения грейдера, а угол резания должен устанавливаться во время остановки грейдера, что неудобно.

Угол захвата при резании неразрыхленного грунта должен быть равен 35—40°. Если грунт предварительно взрыхлен плугом или рыхлителем, его уменьшают до 30—35°. При перемещении влажного грунта он должен быть равным 40—50°, сухого грунта — 35—45°; при разравнивании с уплотнением 70—90° и без уплотнения 55—60°, при планировке 45—60°.

Угол наклона зависит от требуемого поперечного уклона профиля, при зарезании он составляет 9—18°, при перемещении до 11—13° и при разравнивании 1—3°.

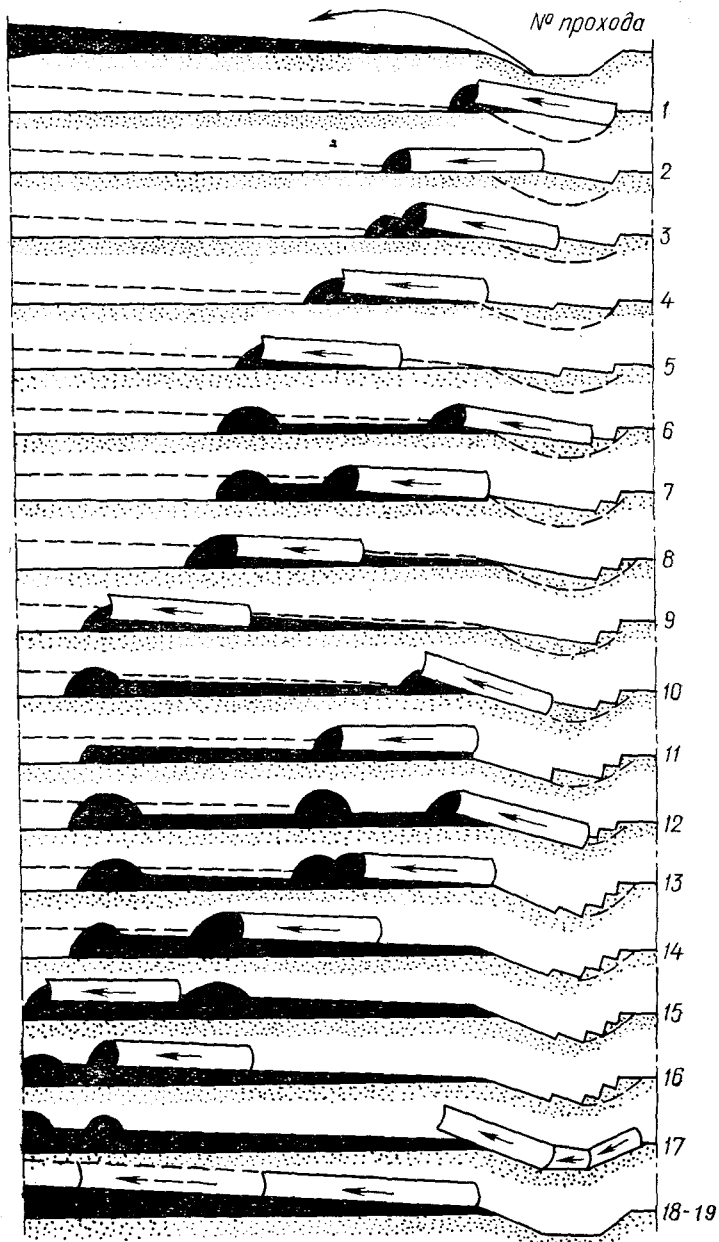


Рис. 16. Схема профилирования грунтовой дороги автогрейдером:
 1, 3, 6, 10, 12 — зарезание; 2, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 14 — перемещение; 15, 16, 18, 19 — раз-
 равнивание; 17 — отделка канав

Угол резания при зарезании неразрыхленных грунтов равен 30—35° и предварительно разрыхленного грунта 40°. При поперечном перемещении грунта он может быть увеличен до 45° и при планировке до 50—60°. Во избежание периодических перестановок положения отвала грейдера целесообразнее использовать два грейдера — один для резания грунта, а второй — для остальных операций.

Для уменьшения числа проходов грейдера при перемещении грунта используют удлинитель отвала. Если проходы зарезания и перемещения выполняют одним и тем же грейдером, удлинитель устанавливают на один конец отвала; если работают одновременно два грейдера, то на отвале грейдера, работающего только на перемещении грунта, удлинители ставят с обеих сторон ножа.

Возведение насыпей грейдерами выполняется по той же схеме, что и работы по профилировке, но число проходов резко увеличивают. При насыпях высотой 0,75—0,8 м общее число проходов автогрейдеров с отвалом длиной 3,5—3,6 м и мощностью двигателя 50—75 кВт составляет 360—400. Число проходов, необходимых для резания грунта, равно:

$$n_p = \frac{F_p K_{II}}{f},$$

где F_p — площадь резерва, м²;

K_{II} — коэффициент перекрытия проходов равный 1,3—1,7 (меньшие значения применимы при высокой квалификации машинистов);

f — сечение стружки, м²; для автогрейдеров среднего типа $f = 0,12 \div 0,16$, для грейдеров тяжелого типа $f = 0,16 \div 0,2$.

Резание грунтов при профилировании выполняется на II передаче со скоростью 2,5—3,5 км/ч, при возведении насыпи тяжелыми грейдерами — 2,2 км/ч, средними — 1,5 км/ч.

Необходимое число проходов для перемещения валов грунта после зарезания равно:

$$n_r = n_p \frac{L_{II}}{l_{II}} K'_{II},$$

где L_{II} — расстояние от центра тяжести половины сечения насыпи до центра тяжести поперечного сечения резерва, м;

l_{II} — расстояние поперечного перемещения за один проход автогрейдера, м;

K'_{II} — коэффициент перекрытия проходов при перемещении грунтов равный 1,15.

Перемещение валов грунта грейдеры выполняют на III передаче со скоростью 4—6 км/ч. При использовании автогрейдеров наиболее целесообразная длина захватки 400—500 м, на переувлажненных грунтах 600—700 м.

Профилирование грунтовых дорог и возведение земляного полотна устраивают отрядом из нескольких автогрейдеров или прицепных грейдеров, в состав которого входят также бульдозер, рыхлитель и уплотняющие средства. Разрабатываемый грейдерами грунт укладывают в насыпь от ее оси в сторону резерва следующими способами:

послойно с разравниванием, т. е. грунт из резерва укладывают в насыпь слоями толщиной 0,15—0,2 м; этот способ применяется при разработке грунтов повышенной влажности;

в полуприжим, т. е. неплотно прилегающими друг к другу валиками, высота которых после планировки гребней достигает 0,3 м;

в прижим, т. е. увеличенными по высоте валиками, высота которых после планировки гребней достигает 0,4—0,5 м.

Два последних способа используют при влажности разрабатываемых грунтов, близкой к оптимальной.

В связи с тем, что возведение насыпей выполняется при кольцевом движении грейдеров, производительность грейдера ($\text{м}^3/\text{машино-смену}$) определяется по следующей формуле:

$$\Pi = \frac{3600 T_c K_B L F_c}{\frac{L}{v_3} + m \frac{L}{v_{II}} + (m+1)(t_1 + t_2)},$$

- где T_c — продолжительность смены, ч;
 K_B — коэффициент использования смены по времени, равный 0,7—0,75;
 L — длина рабочего хода (захватки), м;
 F_c — площадь снимаемой стружки, м^2 ;
 v_3 — скорость при зарезании грунта, км/ч;
 m — число проходов для перемещения и разравнивания грунта, приходящихся на один проход зарезания;
 v_{II} — скорость при перемещении грунта, км/ч (для тяжелых грейдеров 4,5 и для средних 4);
 t_1, t_2 — время на разворот автогрейдера и на одну перестановку отвала, ч ($t_1=0,03$, $t_2=0,01$).

Для повышения производительности автогрейдеров плотные грунты II группы и все грунты III группы следует перед работой рыхлить, зарезание грунта выполнять тяжелыми автогрейдерами, а перемещение грунта — средними грейдерами, отвал автогрейдера оборудовать удлинителями (1,5—2 м), а высоту наращивать уширителями (0,1—0,15 м).

При выполнении земляных работ помимо автогрейдеров эффективно используют прицепные грейдеры. Большое тяговое усилие гусеничных тракторов позволяет тяжелому прицепному грейдеру ДЗ-1 (Д-20БМ) вырезать значительные сечения и перерезать мелкие корни, имеющиеся в лесных грунтах. Можно также использовать грейдер ДЗ-58 (Д-700) с гусеничным

трактором класса 10 т и в седельной модификации с колесным трактором К-700. На перемещении и разравнивании грунта применяют прицепные грейдеры среднего типа ДЗ-6 (Д-241А).

В последнее время автогрейдеры укомплектовывают автоматическими устройствами для облегчения труда машинистов. Систему «Профиль-1» устанавливают на автогрейдерах ДЗ-40Б (Д-598Б), ДЗ-61А (Д-710А) и ДЗ-31 (Д-557), а систему «Профиль-II» на автогрейдере ДЗ-61Б (Д-710Б). «Профиль-1» автоматически стабилизирует наклон отвала, «Профиль-II» позволяет фиксировать положение отвала в поперечной плоскости и, кроме того, автоматически управлять положением отвала по высоте.

§ 7. РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК И ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ СКРЕПЕРАМИ

На строительстве лесовозных дорог скреперы используют недостаточно. Причинами этого являются прежде всего заболоченные участки, а также участки, не очищенные от кустарника, пней и камней. Работа скреперов значительно затрудняется при переувлажненных грунтах, особенно весной и осенью. В ряде случаев эффективному использованию скреперов мешают и организационные причины: их распределяют по 1—2 шт. на предприятие, в то время как наиболее целесообразно использовать скреперы группами, выделив для них специальный трактор-толкач.

Скрепер является высокопроизводительной землеройно-транспортной машиной циклического действия. Он предназначен для разработки и транспортирования грунта с укладкой его в насыпь или отвал, планирования и разравнивания грунта с предварительным частичным уплотнением, для возведения насыпей, разработки выемок и карьеров, вскрышных работ и вертикальной планировки строительных площадок. Скреперами можно разрабатывать грунты до III группы включительно и перемещать их на значительные расстояния. При этом следует иметь в виду, что при дальности перемещения грунта менее 50—70 м выгоднее использовать бульдозеры, а при дальности перемещения свыше 2—3 км автомобили-самосвалы с погрузкой экскаваторами или тракторными погрузчиками (в карьерах). У прицепных скреперов емкостью до 3 м³ предельная дальность перемещения 300 м, у скреперов емкостью 6 м³ 500—600 м, емкостью 10 м³ 750—800 м и емкостью 15 м³ 1000—1500 м. У полуприцепных скреперов с односкатными тягачами предельная дальность транспортирования грунта больше: у скреперов емкостью до 6 м³—1500 м, емкостью 10 м³—2000 м и емкостью 15 м³—до 3000 м; у самоходных скреперов емкостью 15 м³—3—5 км, емкостью 25 м³—7 км. Особенно маневренны и быстроходны полуприцепные скреперы, но так как на ведущую ось у них приходится только

50—55% массы груза, их тяговые возможности не всегда являются достаточными и при заполнении ковша часто требуется применение дополнительных тягачей или толкачей, что усложняет организацию работы.

Скреперы имеют следующие преимущества: простую конструкцию и несложное управление, высокую производительность при выполнении законченного цикла земляных работ, небольшие расходы по эксплуатации и высокий коэффициент использования рабочего времени.

Основным рабочим органом скрепера является ковш с режущими ножами, оборудованный механизмами опускания, подъема и разгрузки. Ножи установлены на всю ширину передней части днища. В процессе движения при опущенном на грунт ковше ножи нарезают грунт с одновременным его набором.

Лучше всего скреперы работают в плотных грунтах влажностью 8—12%. При большей влажности грунт налипает на стенки и заслонки ковша, что приводит к дополнительным простоям и сокращению полезной емкости ковша. При влажности грунта свыше 20—25% скреперы работать не могут. Резко ухудшается работа скреперов и на плотных сухих и тяжелых грунтах. В этом случае толщина стружки сокращается до 3—5 см, что увеличивает пути наполнения и тем самым снижает выработку. В этих случаях необходимо прибегать к использованию толкачей и предварительному рыхлению грунта. Эти мероприятия рекомендуется применять, если путь наполнения у скреперов емкостью 3 м³ превышает 15 м, у скреперов емкостью 8 м³ 22 м и у скреперов емкостью 10—12 м³ 30 м. Следует иметь в виду, что для работы скреперов не нужно сильно измельчать грунт во избежание снижения наполнения ковша. При рыхлении глинистых грунтов применяется рыхлитель с пятью стойками, а при суглинистых с тремя стойками (за счет снятия второй и четвертой стоек). Сухие грунты целесообразно предварительно увлажнять поливочными машинами. Сухие и пылеватые суглинки и супеси не рыхлят. На песчаных грунтах ковши скреперов, загружаемые тяговым усилием трактора, плохо заполняются, так как песок не имеет необходимой связности для проталкивания срезаемой стружки в ковш. В этих условиях, а также на легких супесях эффективно применение скреперов с элеваторной равномерной загрузкой, которые лучше планируют грунт. Однако на влажных грунтах они не применимы. В переувлажненных и заболоченных грунтах колеса скрепера вязнут, уменьшается сцепление гусениц или колес тягача и тяговые усилия становятся недостаточными для проталкивания стружки грунта в ковш. Во время дождя работа скреперов должна прекращаться. На промерзших грунтах они не применимы. Наиболее производительны скреперы работают на зарезании грунта при движении

под уклон в 3—8° (например, при разработке выемок). При более крутом уклоне песчинки грунта осыпаются перед ножами и плохо поступают в ковш. Глубина заглублиения ковша регулируется визуально. При разработке растительных грунтов, легких и лёссовидных суглинков срезается стружка переменной толщины, более толстая в начале и более тонкая к концу участка набора грунта. При таком способе работы обеспечивается постоянная нагрузка на двигатель трактора в течение всего периода заполнения ковша. На песчаных сухих грунтах резание производится гребенчатым способом с переменным заглублиением ковша.

Возведение земляного полотна с использованием скреперов выполняется комплектом машин из двух—пяти скреперов, авто-

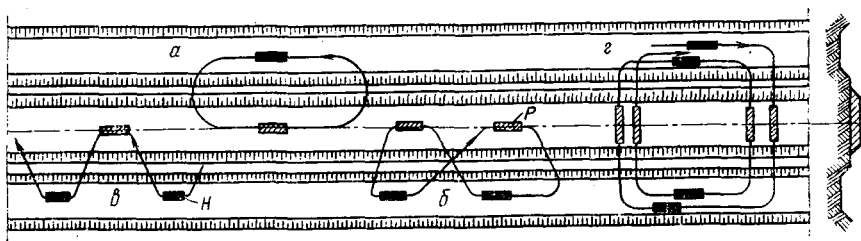


Рис. 17. Схемы движения скреперов при возведении насыпей из боковых резервов:

a — по эллипсу; *б* — по восьмерке; *в* — зигзагом; *г* — по спирали; *H* — набор грунта; *P* — разгрузка грунта

грейdera, одного-двух бульдозеров, рыхлителя и катка. В зависимости от местных условий, в частности высоты насыпи, вида и влажности грунтов и рельефа местности, используют различные технологические схемы движения скреперов: по эллипсу (рис. 17, *a*), по восьмерке (рис. 17, *б*), зигзагом (рис. 17, *в*), по спирали (рис. 17, *г*). Эллиптическая схема применяется при невысоких насыпях, если резерв расположен с одной стороны насыпи или находится у одного ее конца, а также при разработке длинной выемки в две насыпи. Схема восьмеркой применяется при разработке коротких выемок в две насыпи и наличии резервов с двух концов насыпи, а также при значительной высоте насыпи. Зигзагообразная схема применяется на длинных участках (более 200—300 м). При разработке двусторонних резервов используют спиральную схему. Наибольшее распространение получила сквозная эллиптическая схема движения, так как на каждый цикл приходится только один поворот. Разворот скреперов может производиться на насыпях шириной 8,0—8,5 м. Расстояния между въездами и съездами определяются протяженностью пути

скрепера за цикл, который состоит из заполнения ковша грунтом, рабочего хода, разгрузки и холостого хода:

$$T_{\text{ц}} = \frac{l_{\text{д}}}{v_{\text{I}}} = \frac{l_{\text{р.х}}}{v_{\text{I-III}}} + \frac{l_{\text{р}}}{v_{\text{I-III}}} + \frac{l_{\text{х.х}}}{v_{\text{II-IV}}} + 2t_{\text{пов}} + t_{\text{п.п}},$$

где $l_{\text{д}}$, $l_{\text{р.х}}$, $l_{\text{р}}$, $l_{\text{х.х}}$ — длина участков заполнения ковша грунтом, рабочего хода, разгрузки и холостого хода, м;

$v_{\text{I-IV}}$ — скорости движения скрепера с соответствующими передачами коробки;

$t_{\text{пов}}$ и $t_{\text{п.п}}$ — время на повороты скрепера и на переключение передач.

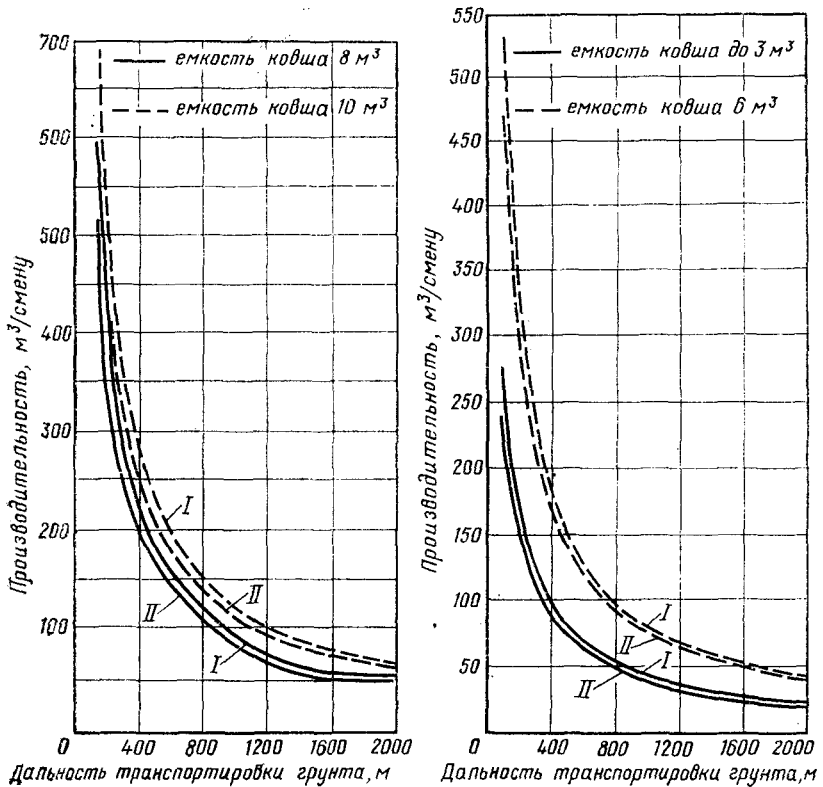


Рис. 18. Графики производительности ($\text{м}^3/\text{в смену}$) прицепных скреперов: I, II и III — категории грунта

Производительность скрепера определяют по формуле

$$\Pi = \frac{60qK_{\text{н}}K_{\text{в}}K_{\text{кв}}}{K_{\text{р}}T_{\text{ц}}},$$

- где q — емкость ковша скрепера, м³;
 K_n — коэффициент наполнения ковша равный 0,80—1,25, в зависимости от механических свойств и состояния грунта;
 K_v — коэффициент использования рабочего времени (0,85—0,90);
 $K_{кв}$ — коэффициент квалификации машиниста;
 K_p — коэффициент разрыхления грунта;
 $T_{ц}$ — продолжительность цикла.

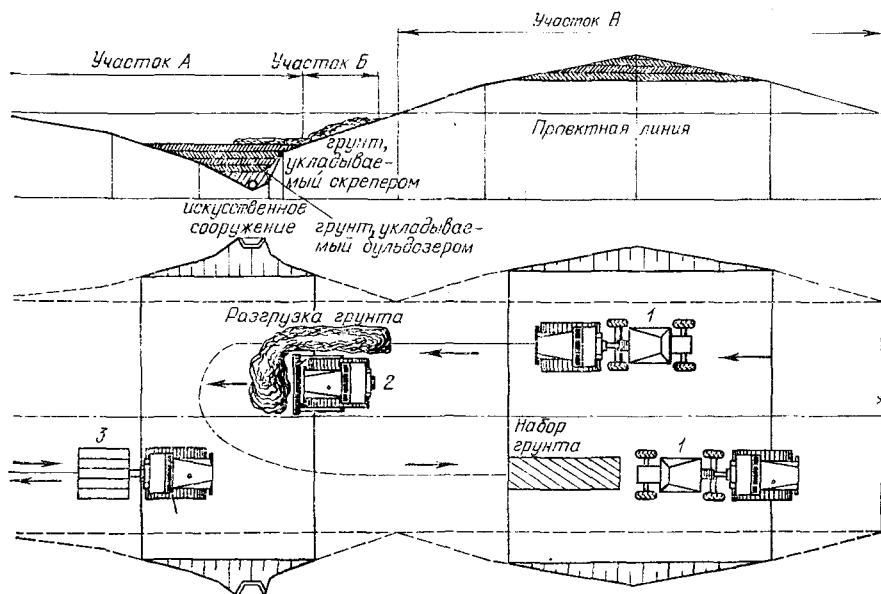


Рис. 19. Схема работы скреперов по перемещению грунта из выемки или карьера в насыпь

На рис. 18 приведены графики производительности прицепных скреперов различной емкости.

Путь заполнения обычно составляет 10—35 м, его определяют по формуле

$$l_3 = \frac{qK_n K_p K_{нп}}{bhK_p},$$

- где K_n — коэффициент, учитывающий потери грунта (1,3);
 $K_{нп}$ — коэффициент, учитывающий неравномерность толщины срезаемой стружки (0,7);
 b — ширина резания;
 h — глубина резания.

Рабочий цикл работы скрепера начинается с набора грунта. В этом случае тягач переключается на I передачу, ковш скрепера опускается и заслонка поднимается. Под действием силы тяги и собственной массы ковш врезается в грунт. После заполнения ковша его постепенно поднимают, закрывают заслонку и на II передаче транспортируют грунт к месту выгрузки. Толщина разгружаемого слоя составляет 20—60 см и регулируется подъемом ковша. Отсыпанный скрепером грунт разравнивают бульдозером, послойно уплотняют, если нужно, с предварительным увлажнением. Путь разгрузки составляет от 15 до 40 м. Во время разгрузки движение производится на I или II передаче. После выгрузки ковш поднимают, заслонку опускают и скрепер перемещают к месту загрузки. Технологическая схема и расстановка машин при устройстве насыпи из выемки или грунтового карьера скреперами 1 с последующим перемещением грунта бульдозерами 2 в насыпь и укаткой пневмокатками 3 показана на рис. 19.

§ 8. ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ И РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК И КАРЬЕРОВ ЭКСКАВАТОРАМИ

При строительстве лесовозных дорог экскаваторы используют для возведения насыпей из придорожных резервов при II типе местности, разработки грунтовых и гравийных карьеров, а также устройства глубоких выемок и высоких насыпей.

Большей частью используют одноковшовые экскаваторы (ЭО) с рабочим оборудованием в виде прямой лопаты. Современный экскаватор представляет собой землеройную машину циклического действия, цикл которого включает: наполнение ковша грунтом (рабочий ход), подъем ковша и его поворот к месту выгрузки (транспортный ход), разгрузку ковша и поворот его к забою. Под забоем экскаватора понимается его рабочая зона, т. е. площадь, на которой находится экскаватор, часть территории, с которой производится выемка грунта или другого материала, и площадка для установки транспортирующих груз средств. При разработке грунта в отвал к забою относится также и площадь, где размещается вынутый грунт.

Грунт разрабатывается проходками экскаватора, число и размеры забоев определяются технологическими требованиями. Они должны обеспечивать возможность работы ковша с наименьшими затратами времени на выполнение рабочего цикла экскаватора. Это условие выполняется, если ширина проходок (забоев) экскаватора обеспечивает его работу при средней величине угла поворота не более 70° , а глубина (высота) забоев создает такую длину стружки грунта, при которой происходит заполнение ковша с «шапкой» за один прием черпания. Длина проходок должна обеспечивать наименьшее число вводов и выводов экскаватора в забой и из забоя в связи с тем, что допол-

нительные операции снижают производительность экскаватора. Уклон дна проходок должен обеспечивать отвод воды из забоя.

Экскаваторы, имеющие рабочее оборудование в виде прямой лопаты, разрабатывают грунт выше уровня забоя, находясь на его подошве (рис. 20 а, б, в), если грунт разрабатывают лобовыми или боковыми (рис. 20, г) проходками. Грунт

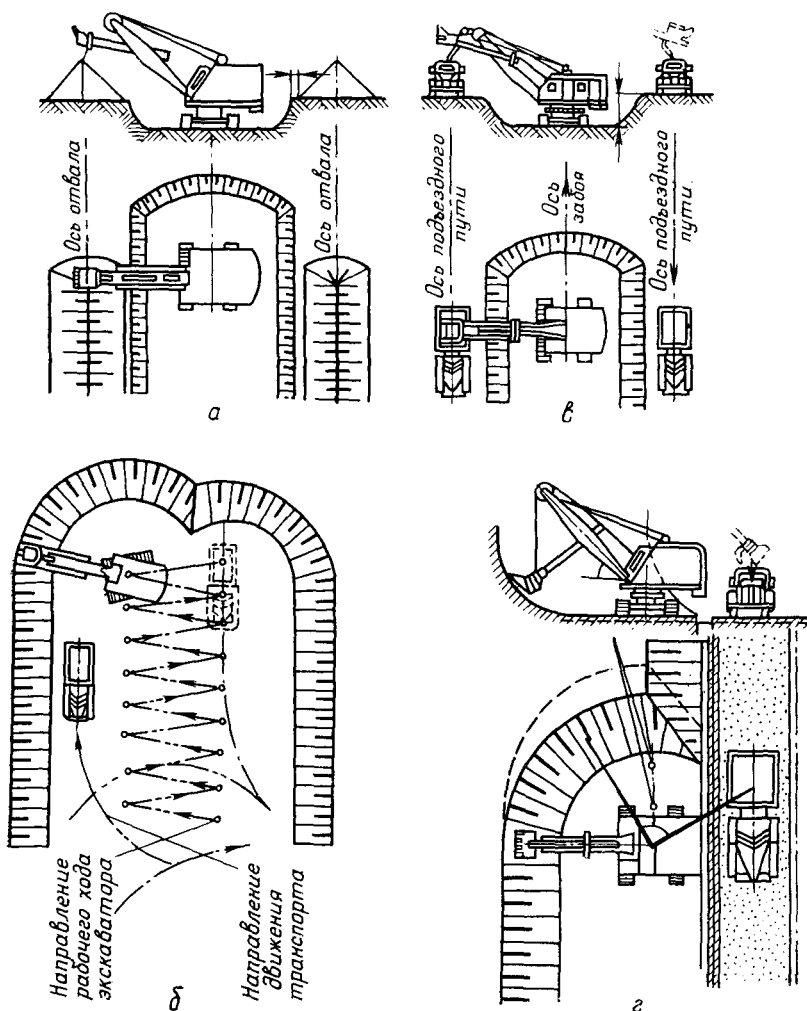


Рис. 20. Рабочее место экскаватора, оборудованного прямой лопатой:

а — лобовая проходка с погрузкой грунта в отвал на обе стороны проходки; б — лобовая широкая проходка с погрузкой грунта в автотранспорт, перемещающийся по подошве забоя; в — лобовая проходка с двусторонней погрузкой грунта в автотранспорт, перемещающийся по верху разработки; г — боковая проходка с погрузкой грунта в автотранспорт

можно укладывать в отвал вдоль бровки разерва (рис. 20, а) или грузить в транспортное средство, которое может подъезжать к экскаватору как по верху разработки, так и по подошве забоя. При небольшой ширине лобовой проходки экскаватор перемещается по ее центру (см. рис. 20, а), а при большой ширине — зигзагообразно (см. рис. 20, б).

Ниже приведены рекомендуемые размеры проходок при разработке грунта с погрузкой на транспорт.

Размеры проходок экскаватора при погрузке грунта в транспорт

Емкость ковша, м ³	0,25	0,4—0,5	0,65—0,8	1—1,25	1,6—2,5
Ширина подошвы забоя, м, от оси пути экскаватора:					
до стенки забоя	$\frac{2,7}{2,7}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4,5}{4,5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{6,3}{6,3}$
до места погрузки грунта . .	$\frac{1,9}{1,5}$	$\frac{2,8}{2}$	$\frac{3}{2,5}$	$\frac{3,6}{2,5}$	$\frac{4,5}{3,5}$
Предельная высота верхней кромки борта кузова транспортного средства над уровнем подошвы забоя, м	3	4,5	5,5	6	6,5

В числителе—при погрузочном пути, расположенном на уровне подошвы забоя, в знаменателе—при погрузочном пути, расположенном выше уровня подошвы забоя.

Минимальная высота забоя зависит от высоты напорного вала экскаватора H_0 : для грунтов I и II групп она равна $0,3 H_0$, для грунтов III группы — $0,5 H_0$ и IV группы — $0,7 H_0$.

Лобовые проходки применяются при первых проходах в выемках и карьерах, при коротких выемках на крутых склонах, для разработки скальных выемок и котлованов под фундаменты зданий; боковые проходки — при разработке выемок и карьеров грунта в транспортные средства или в отвал, располагаемый параллельно ходу экскаватора. В лобовых забоях самосвалы приходится подавать задним ходом, а из-за большого угла поворота стрелы производительность экскаватора несколько снижается. В то же время в лобовом забое с одной стоянки разрабатывается больший объем грунта и уменьшается число передвижек экскаватора. В боковом забое угол поворота стрелы меньше, подача и загрузка самосвалов удобнее и возможно их сквозное движение. В то же время количество передвижек экскаватора возрастает и уменьшается объем грунта, разрабатываемого с одной стоянки.

Чтобы обеспечить наполнение ковша с шапкой, высота забоя должна быть не менее величин, указанных в табл. II.6. Наибольшая высота забоя (без применения взрывных работ) соответствует максимальной высоте резания грунта экскаватором,

которая при угле наклона стрелы к горизонту 45—60° равна:

Емкость ковша, м ³ . . .	0,25	0,4—0,5	0,65—0,8	1—1,25	1,6—2,5
Наибольшая высота раз- вания, м	4,8—5,5	6,6—7,8	6,8—7,9	8—9	9,3—10,8

При крепких и трещиноватых породах в карьерах и выемках, разрабатываемых с помощью взрывных работ, максимальная высота забоя в 1,5 раза превышает указанные значения. Во избежание нависания козырьков над забоем ширина зоны предварительного разрыхления грунтов должна быть больше ширины проходок на 1,0—1,5 м. Кроме того, вдоль кромки откосов забоя нужно предварительно удалить пни и крупные камни для предупреждения их падения в забой. По мере вы-

II.6. Наименьшая высота забоя, обеспечивающая наполнение ковша экскаватора

Группа грунта	Высота забоя, м, при емкости ковша, м ³				
	0,25	0,4—0,5	0,65—0,8	1—1,25	1,6—2,5
I, II	1,5	1,5	2,5	3,0	3,0
III	2,5	2,5	4,5	4,5	4,5
IV	3	3,5	5,5	6	6

работки забоя экскаватор должен передвигаться на величину не более 0,4 хода рукоятки и работать при высоте ее, не превышающей $\frac{2}{3}$ полной величины. В этом случае увеличивается толщина стружки и уменьшается путь резания грунта.

Рассмотрим порядок разработки выемок значительной глубины или карьера, расположенного на ровном месте. На всю длину выемки отрывают первую траншею незначительной глубины для погрузки грунта в самосвалы. Рядом с первой отрывают более глубокую траншею для заезда туда самосвалов. Последующими проходами экскаватора выемка увеличивается до проектной глубины. По такой же схеме разрабатывают расположенные в равнинной местности грунтовые или гравийные карьеры после выполнения вскрышных работ. В лесных условиях, где пни мешают движению самосвалов, первый путь для отвозки грунта целесообразно устраивать не по бровке выемки, а по пионерной траншее, разрабатываемой лобовым забоем. В этом случае число проходок может быть сокращено, но появятся указанные выше недостатки, характерные для лобовых забоев.

Экскаваторы довольно широко применяют для разработки карьеров и погрузки грунта, гравийного или другого каменного материала в транспортные средства. Прежде чем начать разрабатывать карьер, следует осушить участок, где он распо-

ложен, и подготовить водоотводные устройства, если они требуются. Затем удаляют растительный и верхний слой из наносной пустой породы. Эти работы выполняют теми же машинами, что и земляные работы, выбирая их в зависимости от группы грунтов и толщины слоя пустой породы. Растительный слой следует складывать в виде валков, используя в дальнейшем для рекультивации карьера или обкладки грунтом откосов насыпей или выемок дороги. Пустую породу отодвигают или отвозят в пониженные места или используют для возведения насыпей (если пригоден грунт) или засыпки оврагов. После вскрышных работ разрабатывают первичную траншею для создания фронта работ на уступе, карьерный материал перевозят на дорогу.

Уступом называют пласт горной породы, разрабатываемый самостоятельным комплектом машин. Его высота не должна превышать высоту резания грунта экскаватором (указанную выше), которая зависит от емкости ковша. Число уступов равно:

$$n = H_k / h_y,$$

где H_k — мощность слоя карьерного материала, м;

h_y — высота уступа, м.

Уступ разрабатывают последовательными параллельными полосами (заходками). Ширина уступа A зависит от способа рыхления и выемки породы. При разработке мягких и рыхлых пород без применения взрывных работ $A = 1,5B$, где B — радиус резания экскаватора.

Экскаватор, оборудованный обратной лопатой, применяют для разработки грунта, расположенного ниже места нахождения экскаватора. В лесных условиях для движения экскаватора необходима предварительная подготовка дороги. При разработке грунта с погрузкой ширину проходов принимают равной 1,2—1,3 наибольшего радиуса рукоятки экскаватора, а при отсыпке в отвал 0,5—0,8 наибольшего радиуса. Наибольший радиус резания рукоятки экскаватора, оборудованного обратной лопатой, равен:

Емкость ковша, м ³	0,25	0,4—0,5	0,65—0,8	1—1,25
Наибольший радиус резания, м	7,3	7,8	9,2	9,2

Наименьшие параметры проходов экскаватора, оборудованного обратной лопатой, приводятся в табл. II. 7.

Для удобства погрузки грунта ось перемещения экскаватора должна быть несколько смещена от оси забоя в сторону подъезда самосвалов. Последние нужно устанавливать так, чтобы при разгрузке ковша угол между осью стрелы экскаватора и продольной осью автомобиля был не более 40°, а угол поворота стрелы — не более 70°. При разработке грунта

в траншеях лобовыми забоями порожняк подается поочередно с левой и правой стороны.

Экскаваторы, имеющие рабочее оборудование в виде драглайна, при устройстве лесовозных дорог применяют редко, но иногда они бывают необходимы. Наиболее экономичен драглайн при работе с перемещением грунта в отвал. Разрабатывая забой, экскаватор стоит у бровки выемки и работает снизу вверх. Работа может производиться как лобовыми, так и боковыми проходками, при этом автотранспорт может передвигаться как по верху, так и по подошве забоя.

Драглайн применяют при разработке глубоких выемок и траншей, а также для устройства верхней части больших на-

II.7. Наименьшие параметры проходок экскаватора, оборудованного обратной лопатой

Емкость ковша, м ³	Наименьшая высота забоя, м, при разработке грунтов		Наименьшая ширина подошвы торцевого забоя, м
	несвязных	связных	
0,25	1,0	1,5	1,0
0,4—0,5	1,2	1,8	1,0
0,65—0,8	1,5	2,0	1,3
1—1,25	1,7	2,3	1,5

сыпей, для погрузки песка из речных карьеров (отмелей). При перемещении грунта в отвал без вторичной перевалки драглайн является достаточно экономичным.

В последнее время драглайн стали применять при возведении насыпей из увлажненных грунтов при II типе местности. Технология возведения насыпей из придорожных резервов разработана лабораторией дорожного строительства Тюменского научно-исследовательского и проектного института лесной промышленности (ТНИИПлесдрев). По этой технологии под будущим основанием насыпи предварительно укладывают хворостяную выстилку толщиной 15 мм. Резерв разрабатывают сначала с подгорной стороны дороги, а затем и со второй стороны. Глубина и ширина резервов зависят от размеров насыпи (с учетом коэффициента уплотнения). При естественной влажности грунта меньше предельно допустимой грунт укладывают слоями толщиной 0,25—0,3 м, разравнивают бульдозерами и послойно уплотняют катками. После того как первый слой достигнет требуемой плотности, на него укладывают следующий. Если естественная влажность больше предельно допустимой, то грунт осушают добавлением сухого грунта или негашеной извести, или же, не уплотняя, оставляют для просушивания. При использовании извести грунт необходимо сразу же уплот-

нять. Для ускорения подсушки грунта в естественных условиях и консолидации грунта земляному полотну из переувлажненного грунта следует придавать двухскатную поверхность с уклонами 50‰ для предотвращения застаивания воды на поверхности.

Тип экскаватора, характеристика его оборудования, емкость ковша в большой степени влияют на эффективность его применения. Экскаваторы подбирают по их производительности, размерам земляных сооружений, группе грунтов и другим местным условиям. Производительность экскаватора определяется по формуле

$$P_p = K_B \cdot 60qn_T K_G K_{KB},$$

где K_B — коэффициент использования рабочего времени;

q — емкость ковша, м³;

n_T — техническое число циклов экскавации в 1 мин;

$n_T = n_{ц} K_{ц}$ (здесь $n_{ц}$ — расчетное число циклов, $K_{ц}$ — коэффициент влияния продолжительности цикла, учитывающий грунтовые условия, высоту копания и угол поворота);

K_G — коэффициент влияния грунта;

$K_G = K_n / K_p$ (здесь K_n — коэффициент наполнения ковша, K_p — коэффициент разрыхления);

K_{KB} — коэффициент квалификации, зависящей от мастерства машиниста.

Для повышения производительности экскаватора необходимо сокращать средний угол поворота и совмещать отдельные операции, а также повышать коэффициент наполнения ковша. Последнее достигается увеличением толщины стружки в вязных грунтах, использованием сменных ковшей при различных грунтах, так как в рыхлых и сыпучих грунтах можно применять ковши увеличенной емкости, а в скальных грунтах — уменьшенной емкости. Следует увеличивать сменность работы, сокращать время на передвижки в забое, на ремонт и особенно уменьшать расход времени на простои транспортных средств. При выборе транспортных средств необходимо следующее соотношение емкостей ковша экскаватора и кузова автомобиля:

$$q_a = (5-7) q_s \gamma,$$

где q_a — грузоподъемность автомобиля самосвала, т;

q_s — объем грунта в ковше экскаватора, м³;

γ — объемная масса грунта, т/м³.

Правильность выбора емкости и числа транспортных средств имеет большое значение, так как при экскаваторных земляных работах стоимость транспортировки составляет 50—60% общей стоимости. Кроме автомобилей, самосвалов на экскаваторных работах используют землевозы и даже скреперы большой емкости. Небольшая производительность

автомобилей ведет к простоям экскаватора. Превышение семикратной емкости ковша не рационально, так как в этом случае автомобили простаивают под погрузкой.

Необходимое число автосамосвалов для обслуживания экскаваторов равно:

$$N_{\text{сам}} = \frac{t_{p. x} + t_{x. x} + t_p}{t_n} + 1,$$

где $t_{p. x}$, $t_{x. x}$, t_n , t_p — соответственно время рабочего хода автомобиля к месту выгрузки, время на холостой пробег, время погрузки-разгрузки, мин.

Бесперебойная работа как автосамосвалов, так и экскаватора обеспечивается прежде всего подбором такого числа автосамосвалов, при котором производительность экскаватора равнялась бы суммарной производительности автосамосвалов. Производительность экскаватора зависит от категории (или группы) разрабатываемого грунта и вида навешиваемого оборудования. Поделив ее на производительность соответствующего автосамосвала для различной дальности транспортировки грунта, можно определить требуемое число автосамосвалов различной грузоподъемности. Таким образом были получены графики (рис. 21) для автосамосвалов грузоподъемностью 4,5 т, обслуживаемых экскаваторами с ковшом емкостью 0,5 и 1 м³ и оборудованных либо прямой лопатой, либо драглайном. При оборудовании экскаватора обратной лопатой можно пользоваться графиками для драглайна, так как производительность экскаватора остается неизменной. Каждый отдельный график включает кривые для шести категорий грунта по трудности их разработки.

При определении требуемого числа автосамосвалов известной грузоподъемности необходимо знать емкость ковша экскаватора и вид его оборудования. Построив по этим данным соответствующий график, на горизонтальной оси находим дальность транспортировки грунта и, выведя из этой точки перпендикуляр до пересечения с кривой, для определенной категории грунта на вертикальной оси находим требуемое число автосамосвалов. Данные графики позволяют, не прибегая ни к каким расчетам, определять требуемое число автосамосвалов, что особенно важно при постоянном изменении дальности перевозки грунта.

При недостаточном числе самосвалов вместо привозных грунтов иногда пользуются грунтами из притрассовых карьеров, не отвечающих всем необходимым требованиям. Для уменьшения дефицита транспортных средств на некоторых предприятиях прибегают к временной (в летний период) передаче лесовозных автомобилей в самосвалы. В объединении «Тюменьлеспром» разработана конструкция полуприцепа само-

свала к трактору К-700 грузоподъемностью 17 т с кузовом ковшового типа объемом 1,9 м³. Для разгрузки кузов наклоняют рычажно-гидравлическим подъемником на 55°. Для повышения сцепления колес трактора на него передается примерно 25% общей массы. В Краснодарском филиале ЦНИИМЭ разработана конструкция самосвального агрегата ЛТ-143 для перевозки строительных сыпучих материалов и грунтов. Этот

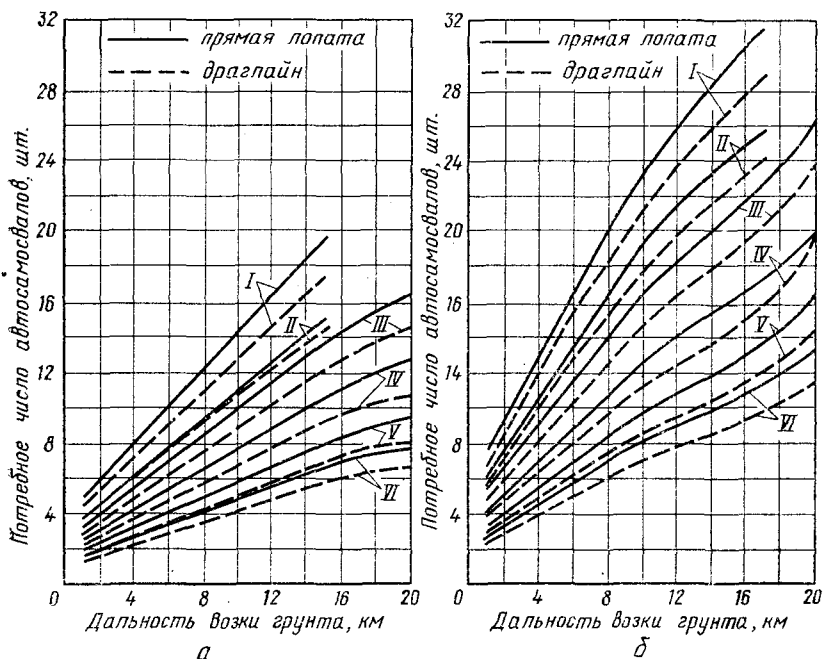


Рис. 21. Графики потребного числа автосамосвалов грузоподъемностью 4,5 т при работе с экскаватором, имеющим различную емкость ковша:

а — емкость ковша 0,5 м³; б — емкость ковша 1 м³ (римскими цифрами указана категория грунта)

агрегат состоит из колесного тягача Т-157 мощностью 120 кВт и двухосного самосвального полуприцепа. Масса полуприцепа с грузом 20 т, самого полуприцепа 5,9 т, объем кузова до 24 м³. Максимальная грузоподъемность на дорогах с твердым покрытием 14,1 т. Ходовой частью полуприцепа является тележка роспуска ТМЗ-803М. Распределение массы полуприцепа: 5 т на седельное устройство и 15 т на оси полуприцепа. Разгрузка осуществляется назад путем подъема передней части кузова и создания уклона в 60°. Механизм подъема кузова гидравлический (из кабины трактора).

Применение тракторных прицепов и полуприцепов для совместной работы с экскаватором получает все большее

распространение. Применяют как колесные, так и гусеничные тракторы для буксировки прицепов в условиях бездорожья и труднопроходимой местности при строительстве лесовозных дорог. Такими прицепами являются землевозы Д-179А с кузовом емкостью 9—12 м³, Д-258 с кузовом емкостью 12—16 м³ и Д-401А с кузовом емкостью 13,5—17 т.

§ 9. УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ

Уплотнение земляного полотна имеет огромное значение, так как большинство разрушений дорожной одежды связано с недостаточным уплотнением подстилающего грунтового основания. Уплотнение представляет собой искусственное улучшение строительных свойств грунтов без коренного изменения его физико-химических свойств. В первый период уплотнения объем пор грунта уменьшается, минеральные частицы сближаются между собой, общий объем грунта уменьшается. Уплотнение заканчивается, когда уменьшение объема прекращается и внешние усилия вызывают только упругие деформации сжатия (без остаточных). Уплотнение земляного полотна — самый дешевый способ повышения его прочности и снижения водопроницаемости и размокаемости. Требуемая плотность грунта определяется по формуле

$$\delta_{гр} = K_y \delta_o,$$

где K_y — коэффициент оптимального уплотнения грунтов;
 δ_o — оптимальная плотность грунта, г/см³.

Уменьшение избыточной влажности перед уплотнением устраняется предварительным вспахиванием и просушиванием грунта. При недостаточной влажности земляное полотно поливают.

Величина оптимальной плотности соответствует значениям оптимальной влажности для различных грунтов:

Грунт	Песчаный	Супесчаный	Суглинистый	Глинистый
Оптимальная влажность, %	8—12	9—15	12—15	19—23
Максимальная (оптимальная) плотность (при стандартном уплотнении), г/см ³	1,80—1,88	1,85—2,08	1,65—1,95	1,58—1,70

Величина K_y для лесовозных дорог принимается 0,95—0,98, для обеспечения такой степени уплотнения необходимы сплошное уплотнение грунтов при возведении насыпей и уплотнение поверхности земляного полотна в выемках. Следует иметь в виду, что толщину слоев грунта нужно назначать на 5—10% меньше, чем указано в характеристиках уплотняющих машин, в этом случае число требуемых проходов уменьшается в 2—3 раза.

Для уплотнения грунтов применяют различные средства. По принципу действия различают статическое уплотнение, трамбование, вибрационное и виброударное уплотнения. Наибольшее распространение получили катки статического дей-

П.8. Основные параметры уплотняющих машин

Машина	Толщина уплотняемого слоя, см	Число проходов по одному следу (или уда-ров)	Производительность, м ³ /смену	Средняя стоимость уплотнения 100 м ³ , руб.
Трактор мощностью 100 кВт	20/15	10/12	350/300	1,0
Катки кулачковые прицепные:				
ДУ-26 (до 8 т)	0/15	0/8—12	0/1000	0,8
ДУ-32 (до 20 т)	0/25	0/8—12	0/1700	0,8
Катки прицепные и полуприцепные на пневматических шинах:				
ДУ-30 (10—18 т)	15—20/10—15	6—8/8—12	1000/800	1,0
ДУ-39 (15—25 т)	25—30/20—25	6—8/8—10	1700/1500	1,2
Д-599 (50 т)	35—45/25—30	4—6/8—10	4000/3500	1,3
Катки самоходные ДУ-31 на пневматических шинах (10—18 т)	0/30—20	0/8—10	0/2500	1,1
Катки моторные с гладкими вальцами:				
ДУ-11 (6—8 т)	0/10—15	0/15	0/250	3,7
ДУ-9А (12—15 т)	50—100/0	0/8—12	250/300	1,5
Виброкатки (2,5—3,0 т)	40—50/0	2—6/0	800—850	0,1
Виброплиты самопередвигающиеся, виброуплотнитель многосекционный на универсальном шасси	40—50/0	6—9/0	60—70/0	0,6
Самоходные машины ДУ-12Б ударно-трамбующего действия	80—100/60—80	60—70/75—85	2000/1800	0,9
Плиты трамбующие (на экскаваторах) до 2 т и размером в плане 1×1 м, падение с высоты 1 м	80—90/70—80	4—6/6—8	600/400	2,0

Примечание. В числителе — для несвязных грунтов, в знаменателе — для связных; цифра 0 показывает, что данные механизмы не уплотняют грунты группы этого вида; приведенные показатели даны для $K_y = 0,98$.

ствия. При перекатывании катка по грунту на его поверхность действует удельное давление определенной величины, создавая в земляном полотне сжимающие напряжения. Минеральные частицы грунта перемещаются на новое место за счет уменьшения пор и взаимного положения минеральных частиц. Для успешного уплотнения время действия удельного давления на грунт должно быть достаточным для того, чтобы

перемещающиеся под его действием частицы успели занять новое место. Поэтому катки должны двигаться медленно, а тракторы, работающие с прицепными катками, должны иметь ходоуменьшители. В настоящее время для уплотнения земляного полотна все большее распространение получают катки на пневматиках. Большая эффективность их объясняется большой площадью передачи давления, длительностью их действия на данную точку грунта, благодаря чему минеральные частицы успевают занять новое положение.

Машины вибрационного действия применяют только для уплотнения несвязных грунтов, доля которых относительно невелика. Уплотняющая масса приводится в колебательное движение механизмом вибратора (например, валами с дебалансами). Часть ее кинетической энергии расходуется на колебания грунта, которые вызывают относительно перемещение его частиц, чем достигается уплотнение грунта. При трамбовании грунт уплотняют массой какого-либо груза, опускаемого с определенной высоты. Самоходные машины ударно трамбуемого действия могут уплотнять все виды грунтов, в том числе и влажные и, что особенно важно, ими можно уплотнять грунт непосредственно около устоев мостов, что недоступно каткам. Особенно перспективны в этом отношении вибротрамбующие машины. При выборе способа уплотнения, определении толщины допускаемого для уплотнения слоя грунта и числа проходов (или ударов) машины по следу можно руководствоваться табл. II.8.

Для равномерного уплотнения грунт нужно отсыпать или разравнивать слоями одинаковой толщины. Целесообразнее начинать уплотнение более легкими катками, а затем переходить к более тяжелым, двигаясь от края насыпи к ее середине, причем при каждом проходе катка предыдущий след должен перекрываться на 0,3—0,4 м.

При уплотнении верхних слоев насыпи, наоборот, нужно двигаться, отступая от края насыпи при первых проходах на 0,5—1,5 м в зависимости от высоты насыпи и массы катков с тем, чтобы не вызывать сползания края неустоявшегося земляного полотна.

В справочниках и руководствах даны примерные показатели уплотнения, которые в конкретных условиях нужно уточнять. Техники-лаборанты полевой лаборатории должны делать пробные уплотнения основных видов грунтов данного района для всех имеющихся машин и опытным путем определять степень уплотнения, толщину слоя и необходимое число проходов или ударов машин.

§ 10. ОСОБЕННОСТИ СООРУЖЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА БОЛОТАХ

Для основных лесных районов страны характерно наличие значительного количества болот. Болотами называют места с затрудненным поверхностным и внутренним стоком воды, имеющие залежи высокопористых водонасыщенных грунтов органического происхождения: торфа и ила (сапропели). Торф образуется в условиях неполного разложения отмирающей влаголюбивой растительности.

Возведение земляного полотна на болотах представляет значительные трудности, так как торф обладает большой сжимаемостью, а полужидкие и жидкие болотные илы легко вы-

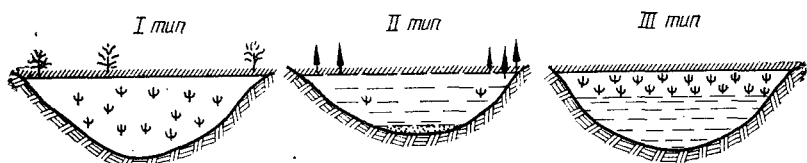


Рис. 22. Строительная классификация болот

жимаются в сторону. Поэтому конструкции насыпей на болотах и способы их устройства зависят от типа и глубины болот, характера и свойств торфяной залежи и категории дороги. Главным фактором при строительстве дорог является вид торфа и его несущая способность, в связи с чем по дорожно-строительной классификации болота разделяют на три типа (рис. 22):

I — болота, заполненные до дна торфами устойчивой консистенции (лесная, лесо-торфяная и лесо-моховая группы);

II тип — болота с торфом неустойчивой консистенции (травяная и моховая группы), подстилаемым органическим или полуорганическим илом (сапропелем);

III — болота, заполненные жидким торфом с плавающим торфяным ковром (сплавинной) различной толщины.

На болотах I типа характерной деформацией основания под насыпь является сжатие слоя торфа под всем контуром загрузки, на болотах II типа — преимущественное выжимание разжиженного торфа в сторону; на болотах III типа сопротивление основания сжатию практически отсутствует и насыпь погружается на дно (при большой толщине сплавинны иногда частично используют ее несущую способность).

При прокладке лесовозных дорог через болота их нужно осушать, если это технически возможно и экономически целесообразно. На автомобильных дорогах с капитальными усовершенствованными покрытиями при глубине болот до 4 м и с

облегченными усовершенствованными при глубине болот до 2 м торф нужно удалять полностью (рис. 23, а). В остальных случаях земляное полотно устраивают с частичным выторфовыванием (рис. 23, б). Для ускорения стабилизации насыпей и повышения устойчивости оставляемого под насыпью торфа следует устраивать прорезы или вертикальные дрены, заполняя их песком. На болотах сплавинного типа, а также если торфя-

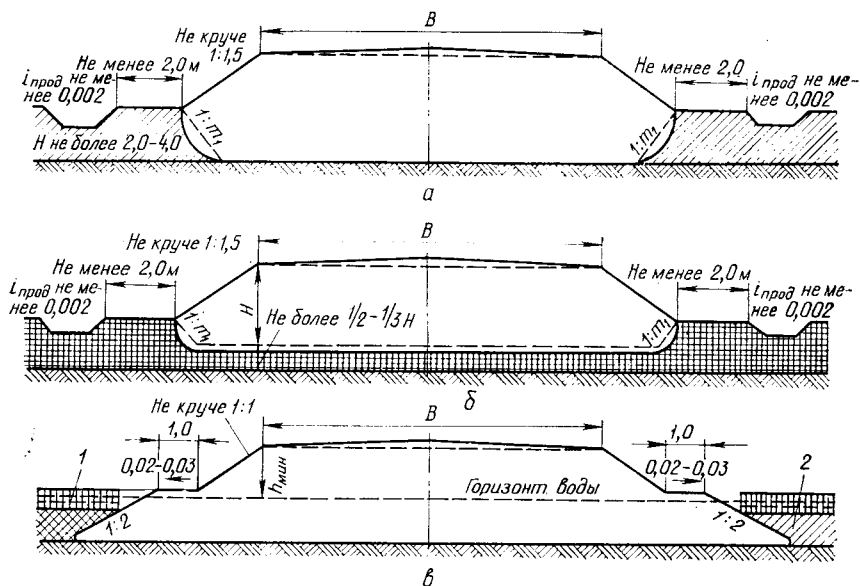


Рис. 23. Поперечные профили насыпи на болотах: а — на болотах I типа с полным выторфовыванием; б — то же с частичным выторфовыванием; в — на болотах II—III типа с погружением на минеральное дно

ной слой подстилается сапропелями, насыпи должны устраиваться с опиранием на минеральное дно (рис. 23, в).

Лесовозные автомобильные дороги с переходными и низшими типами покрытий на болотах с устойчивыми торфами устраивают без выторфовывания или с частичным выторфовыванием, при котором толщина оставшегося торфа после его обжатия должна быть при переходных типах покрытия не более $\frac{1}{3}$, а при низших не более $\frac{1}{2}$ толщины минеральной части насыпи. Кроме того, на дорогах с переходными и низшими типами покрытия допускается устройство насыпей на сланях, но так, чтобы слани постоянно находились в болоте ниже уровня воды. Высота насыпи над уровнем болота должна быть не менее 0,6 м при полном удалении торфа и не менее 0,8 м при его сохранении.

На лесовозных УЖД насыпи на болотах I типа устраивают без выторфовывания, на болотах II типа без выторфовывания, но с посадкой на минеральное дно или на сланях, на болотах III типа с посадкой на минеральное дно.

Выторфовывание болот и возведение на них насыпей наиболее удобно выполнять зимой. Полосу будущего движения экскаватора очищают от снега и растительности для промерзания болота. После промерзания полосы на 0,3—0,4 м торф удаляют экскаватором, оборудованным обратной лопатой или

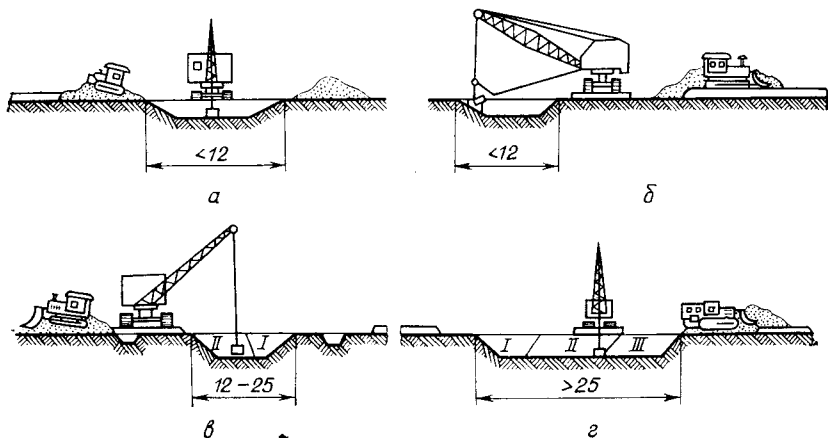


Рис. 24. Схемы работы экскаватора при выторфовывании:

а — при движении экскаватора по оси траншеи; *б* — при одностороннем движении экскаватора; *в* — при двустороннем (*I, II*) движении; *г* — разработка тремя проходками (*I, II, III*) экскаватора

драглайном, который движется по промерзшей полосе. Полосу для прокладки траншеи нужно оставить под снегом до начала работ на участке, достаточном для работы экскаватора в течение смены. Если с одной стороны полностью разработать траншею нельзя, во избежание замерзания неразрабатываемой стороны экскаваторы следует устанавливать с обеих сторон устраиваемой траншеи. Вынутый торф укладывают с обеих сторон будущей дороги. При разработке траншеи ее откосы быстро промораживаются. После зачистки дна траншеи начинают подвозку грунта самосвалами и отсыпку подземной части насыпи. При выполнении работ в летнее время необходимо применять экскаватор с уширенными гусеницами и иметь перекладывающиеся щиты для передвижения экскаватора. На сухих неглубоких болотах I типа выторфовывание можно производить и бульдозерами. Схема работы экскаватора по выторфовыванию приведена на рис. 24.

При возведении насыпей без выторфовывания или с частичным выторфовыванием уплотнение основания над насыпью

и ее осадку ускоряют устройством вертикальных дрен. По стоимости работ устройство дрен в 6—8 раз дешевле выторфовывания. При их применении осадка насыпи прекращается через 3—4 месяца после устройства, что позволяет заканчивать постройку дороги в том же году.

Для устройства дрен на торф сначала отсыпают песчаную подушку толщиной не менее 0,3 м, затем по всей укрепляемой площади ямобуром бурят скважины диаметром 325 или 426 мм, располагая их в шахматном порядке через 3—4 м друг от друга (рис. 25). При мощности торфа менее 3 м вместо

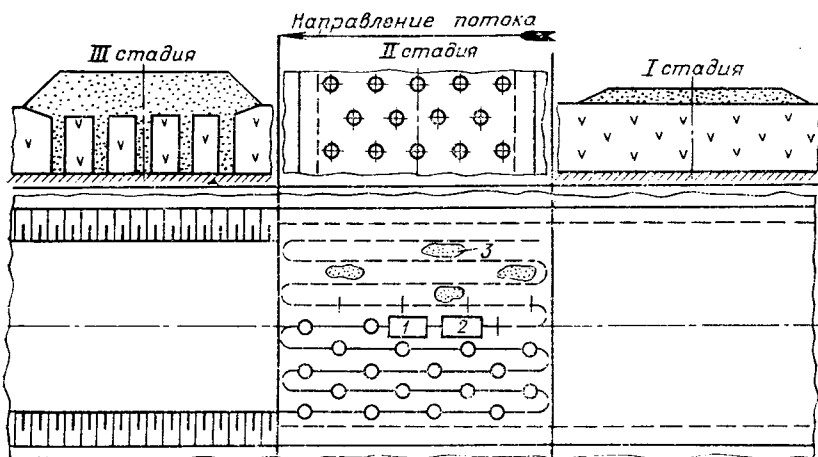


Рис. 25. Технологическая схема устройства песчаных вертикальных свай:
 I — стадия устройства рабочей платформы; II — стадия устройства песчаных свай; III — стадия устройства насыпи; 1 — установка ВВПС 20/11, 2 — погружчик; 3 — куча песка

дрен можно устраивать продольные дренажные прорези — траншеи. После бурения в них скважин специальной установкой погружают лидер — обсадную трубу с наголовником для установки вибратора, загрузочным бункером в верхней части и самораскрывающимся башмаком на нижнем конце. Установки для погружения лидер-обсадной трубы на экскаваторе Э-505 или ЭО-6112Б имеют направляющую копровую мачту и вибропогружатель.

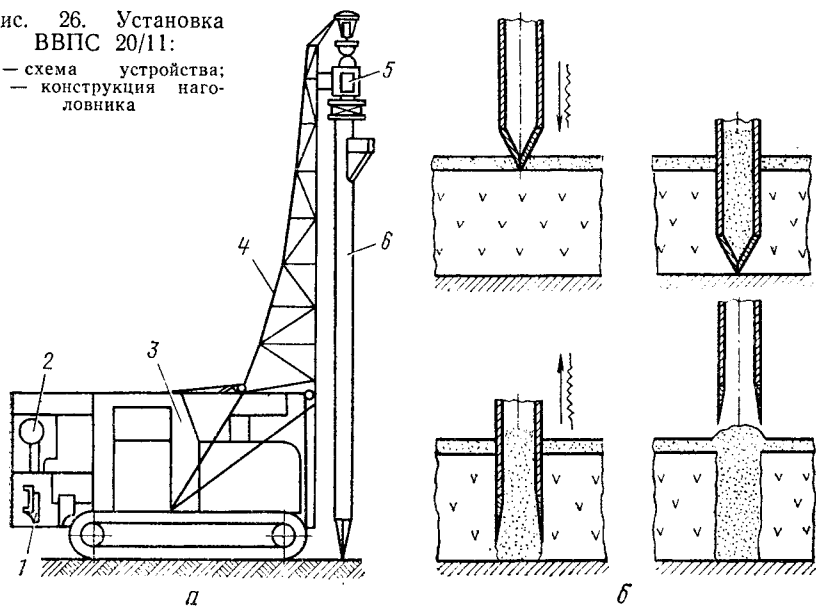
Песок, которым заполняют обсадную трубу, а после ее удаления дрена, должен иметь пылеватых и глинистых частиц не более 3%. Песчано-гравийные смеси не должны иметь фракций крупнее 60 мм. После заполнения опущенной в торф обсадной трубы дренирующим материалом, периодически включая вибратор, ее извлекают и перемещают на смежную дрена. При извлечении трубы лопасти башмака раскрываются и в толще болотистого грунта образуется вертикальная дрена.

Заполнив все дрены, земляное полотно досыпают до проектного уровня.

В Белорусской ССР в тресте «Оргстройдор» (И. Р. Мирошниченко) используют вибровдавливатель погружатель свай ВВПС 20/11 на базовом тракторе Т-140, причем сваи погружают без предварительного бурения скважин. Эта установка состоит из базового трактора 1, рамы направляющей мачты 4, вибропогружателя 5, двухбарабанной лебедки 3, генератора

Рис. 26. Установка ВВПС 20/11:

а — схема устройства;
б — конструкция наголовника



переменного тока 2 и рабочего органа-лидера 6 (рис. 26). Вибропогружатель состоит из вибратора, наголовника, рамы вибропогружателя с электродвигателем и пружинных связей, соединяющих вибропогружатель с подрессорной рамой. Как лебедка, так и вибропогружатель приводятся в действие индивидуальными электродвигателями. Рабочий орган-лидер представляет собой обсадную трубу диаметром 350 мм. В верхней части трубы имеются наголовник и бункер для загрузки песка, а в нижней самораскрывающийся наконечник из четырех лепестков. Наибольшая длина погружаемого лидера без вставки 5 м и с вставкой 10 м. Наибольшая возмущающая сила 200 кН, максимальное усилие вдавливания 110 кН, номинальная частота 710 кол/мин. Сменная производительность такой установки выше, чем экскаватора.

§ 11. ВЫБОР ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ПО ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

В связи с ростом грузооборота дорог, увеличением ширины земляного полотна, все большим применением большегрузных машин, имеющих увеличенные габариты, с необходимостью освоения таких районов, где грунтовые условия неблагоприятны, объемы земляных работ при строительстве лесовозных дорог увеличиваются. На сооружение земляного полотна затрачивается до 30% общей стоимости дороги.

Выбор рациональных типов землеройно-транспортных машин, применяемых для возведения земляного полотна, зависит как от технических факторов, так и от экономических показателей, получаемых при использовании машин. К техническим факторам относятся грунтовые и климатические условия, тип дорог и конструкция земляного полотна, расположение резервов и карьеров грунта, условия разработки, дальность транспортировки грунтов, а также организационные условия. Очень важную роль играет вопрос экономической целесообразности использования тех или иных машин и агрегатов.

Себестоимость (руб.) разработки и перемещения 1 м³ грунта определяется из соотношения

$$X = D/P,$$

где D — стоимость машино-смены землеройно-транспортной машины;

P — производительность, м³/смену.

В свою очередь $P = nq$, где n — число рейсов в смену; q — объем разрабатываемого и перемещаемого грунта за цикл или рейс, м³.

Число рейсов в смену

$$n = \frac{T}{\frac{l}{v_1} + \frac{l}{v_2} + t_3 + t_p} = \frac{T}{\frac{2l}{v_{cp}} + t_3 + t_p},$$

где T — чистое рабочее время в смену, ч;
 v_1 и v_2 — скорости движения в грузовом и обратном направлении;
 v_{cp} — средняя скорость движения;

$$v_{cp} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2};$$

t_3 и t_p — время на загрузку и разгрузку, ч (за рейс).

$$\text{Тогда } X = \frac{D}{Tq} \left(t_3 + t_p + \frac{2l}{v_{cp}} \right), \text{ или } X = a + bl,$$

$$\text{где } a = \frac{D(t_3 + t_p)}{Tq} \text{ и } b = \frac{2D}{Tqv_{cp}}.$$

Таким образом, уравнение себестоимости разработки и перемещения 1 м^3 грунта представляет собой в простейшем виде уравнение прямой линии с отрезком на оси ординат a и угловым коэффициентом b (в ряде случаев графическая зависимость на некоторых участках имеет криволинейный характер). Большой частью возникает такая зависимость: для агрегатов, у которых значение коэффициента a небольшое, угловой коэффициент b значителен, а при большой величине коэффициента a угловой коэффициент b имеет меньшие значения. Если для первого агрегата $X_1 = a_1 + b_1 l$, для второго $X_2 = a_2 + b_2 l$ и имеет место соотношение $a_1 < a_2$ и $b_1 > b_2$, то расстояние перемещения грунта, при котором $X_1 = X_2$, будет предельным $l_{\text{пр}}$, после которого стоимость разработки и перемещения грунта вторым агрегатом будет меньше, чем первым, т. е. при $l < l_{\text{пр}}$, $X_1 < X_2$ и при $l > l_{\text{пр}}$, $X_2 < X_1$ предельное расстояние $l_{\text{пр}}$ может быть определено как графически, так и аналитически при известных значениях коэффициентов a_1 и b_1 , a_2 и b_2 . Из условия $X_1 = X_2$ или $a_1 + b_1 l = a_2 + b_2 l$ получаем:

$$l_{\text{пр}} = \frac{a_2 - a_1}{b_1 - b_2}.$$

Начертив в прямоугольных осях графики зависимости X от l для различных машин и агрегатов, можно установить стоимость разработки и перемещения грунта разными способами и зоны, в которых являются наиболее эффективными каждый из способов. Такие графики для основных типов машин и агрегатов, применяемых на лесовозных дорогах, были разработаны в тресте «Оргтехлесстрой» * для использования при составлении проектов производства земляных работ строительными организациями. График для грунтов II категории приведен на рис. 27. На нем проведены линии себестоимости земляных работ для бульдозеров с базовыми тракторами различной мощности, для прицепных и самоходных скреперов с ковшем емкостью 2,25; 6; 8; 10 и 15 м^3 и для экскаваторов с рабочим оборудованием в виде прямой лопаты (ПЛ) и в виде драглайна (Д) в сочетании с самосвалами грузоподъемностью 4,5 и 7 т.

Стоимость машино-смены при составлении графиков определялась по нормам, а производительность — в зависимости от дальности перемещения грунта (по ЕНиР). Графики такого вида позволяют конкретно отвечать на вопрос, какую именно машину эффективнее применять для известной дальности перемещения грунта, а также выделить эффективную область их применения. Границы этих областей есть точки пересечения двух линий, характеризующих себестоимость для различных

* Дорошенко Ю. Н., Сидорин Г. Н. Выбор рациональных землеройно-транспортных машин. — Лесная промышленность, 1976, № 5.

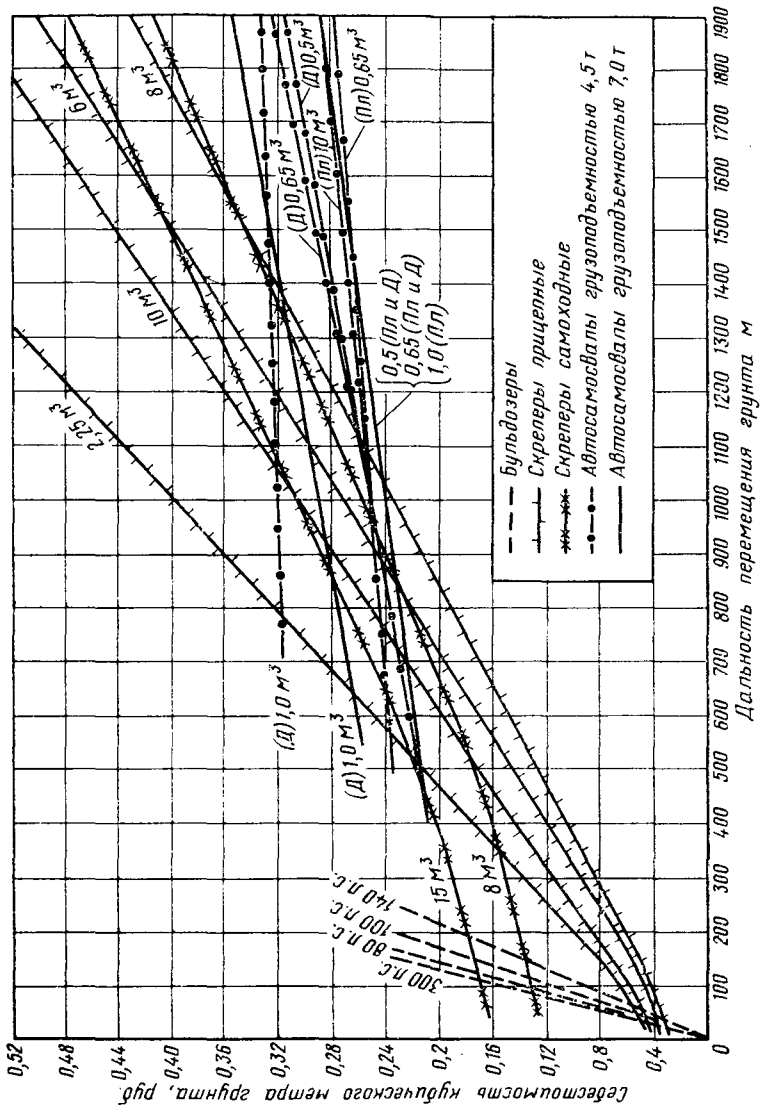


Рис. 27. График себестоимости разработки и перемещения грунта II категории в зависимости от дальности его перемещения при использовании машин

землеройно-транспортных машин. Например, линия бульдозера с двигателем мощностью 220 кВт пересекается с кривой для самоходного скрепера с ковшом емкостью 8 м³ в точке, соответствующей дальности перемещения грунта 85 м. При увеличении дальности наглядно видно, что линия бульдозера уходит выше кривой скрепера, следовательно, и себестоимость разработки 1 м³ грунта бульдозером возрастает. Поэтому применение данного бульдозера эффективнее применения самоходного скрепера только до 85 м.

Анализируя график, нетрудно определить, что экономически более выгодно применять бульдозеры средней мощности (75—100 кВт) с прицепными скреперами с ковшом емкостью 6—8 м³. Применение же самоходных скреперов значительно увеличивает себестоимость разработки 1 м³ грунта по сравнению с применением прицепных скреперов, что особенно заметно при дальности перемещения грунта 200—300 м. Себестоимость разработки 1 м³ грунта экскаватором с перевозкой его автосамосвалами грузоподъемностью 6 т на расстояние до 2 км значительно отличается от себестоимости при работе с автосамосвалами грузоподъемностью 4,5 т. Однако следует отметить, что себестоимость разработки 1 м³ грунта драглайном выше, чем прямой лопатой, особенно с увеличением дальности перевозки грунта.

Графики такого вида позволяют упростить процесс выбора наиболее эффективных землеройно-транспортных машин и комплектование дорожно-строительных отрядов для выполнения земляных работ. Экономические расчеты, определяющие зоны наиболее эффективного применения различной землеройной техники, дают возможность выбирать наиболее экономичный способ разработки и перемещения грунтов и других строительных материалов.

§ 12. КОНТРОЛЬ И ПРИЕМКА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Качество выполнения земляных работ имеет очень большое значение, так как на длительный срок определяет работу лесовозной дороги. Какие бы дорогие материалы не применялись для устройства дорожной одежды, какие бы значительные по толщине слои не укладывались в ее основание, при плохом качестве земляного полотна ежегодно зимой могут образовываться пучины, разрушающие дорожную одежду, в весенний период образовываться крупные валы на поверхности дороги и провалы и проломы в дорожной одежде. Качество земляного полотна определяют долговечность работы дороги и ее межремонтные сроки. Вот почему с каждым годом все большее внимание обращается на качество возведения земляного полотна, на необходимость систематического контроля в процессе производства земляных работ.

В настоящее время как основные правила производства земляных работ, так и правила приемки работы регулируются нормативами СНиП, часть III, глава I «Земляные сооружения. Правила производства и приемки работ» (СНиП III—Б.1—71). Эти нормативы предусматривают, чтобы технический контроль за качеством проводился систематически в процессе работ. Такие контрольные наблюдения должны проводиться силами строительной

организации, представителями технического надзора (ОКС леспромхоза или объединения) заказчика и работниками вышестоящих организаций, инспектирующих строительство. Контроль за плотностью и влажностью грунта в возводимых земляных сооружениях возлагается на работников полевой грунтовой лаборатории.

Одной из ответственных форм контроля за качеством возводимых сооружений является освидетельствование скрытых работ и оформление актов на них, а также промежуточная приемка конструктивных элементов и частей земляных сооружений, которая осуществляется представителями технического надзора заказчика.

Контроль за качеством возведения дорожных насыпей включает предварительное обследование грунтов, предназначенных для отсыпки насыпей, и текущее наблюдение за качеством отсыпки и уплотнения грунтов в сооружениях. При этом пробы грунтов в карьерах, выемках, резервах и в насыпях должны отбираться из расчета не менее одной пробы на каждые 300 м³ разрабатываемого или уложенного в насыпь грунта. По каждой из отобранных проб определяется вид грунта, его влажность и плотность.

Нормы СНиП требуют, чтобы в процессе возведения и уплотнения насыпей производился контроль за толщиной каждого уплотняемого слоя, а также за правильностью технологии работ по уплотнению, предусмотренной в проекте производства работ. Данные, характеризующие степень уплотнения грунтов и толщину уплотняемых слоев, должны заноситься в специальный журнал. Места отбора проб грунта как в плане, так и по высоте сооружения должны распределяться равномерно, чтобы можно было проверить степень плотности грунтов в различных частях земляного полотна.

Критерием, определяющим качество выполненных работ, является достижение проектной плотности уложенного грунта, выражаемого объемной массой скелета грунта.

Отклонения в сторону увеличения ширины сооружений или применения более пологих откосов допускаются, но без включения дополнительных объемов грунта в объем выполненных работ.

При технической приемке законченных строительством объектов строительная организация должна предъявлять следующую документацию: рабочие чертежи конструктивных элементов с нанесением на них произведенных изменений, журналы производства работ, акты на скрытые работы, ведомость выполненных работ по противопучинным мероприятиям, ведомость постоянных реперов и акты геодезической разбивки сооружений, акты лабораторных испытаний грунтов и других материалов, применявшихся при сооружении насыпей и выемок (крепежных, каменных и пр.).

Сдача — приемка земляных сооружений должна оформляться актом, содержащим перечень технической документации, данные о проверке правильности выполнения земляных работ, данные о топографических, гидрогеологических и грунтовых условиях и перечень недоделок, не препятствующих эксплуатации, с указанием сроков их устранения.

Глава III. УСТРОЙСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДОРОЖНЫХ ОДЕЖДАХ И ПРИНЦИПАХ ИХ УСТРОЙСТВА

Дорожные одежды

Дорожной одеждой (рис. 28) называется один или несколько конструктивных слоев, укладываемых на подготовленное земляное полотно в пределах проезжей части для создания прочной и ровной поверхности, обеспечивающей круг-

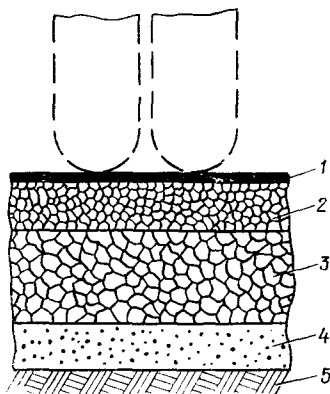
годовой проезд автомобилей. Дорожная одежда устраивается из материалов, хорошо сопротивляющихся воздействию колес автопоездов, а также климатических факторов. Как правило, дорожная одежда устраивается многослойной с учетом того, что нагрузка от колес затухает по глубине и требования к верхним и нижним слоям дорожной одежды различны. Многослойная конструкция дает возможность в нижних слоях использовать менее прочные, но более дешевые местные строительные материалы, что позволяет снизить ее строительную стоимость.

Верхний, наиболее дорогой слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий воздействие колес подвижного состава, называется покрытием. К материалам, из которых устраивается покрытие, предъявляются особенно высокие требования. Покрытие представляет собой прочный, но относительно тонкий слой, хорошо сопротивляющийся истиранию и ударным нагрузкам. Оно должно обладать достаточной ровностью и высоким коэффициентом сцепления с колесами автомобиля. Так как износ покрытий значителен, при расчете их толщины запас на износ принимают сверху толщины, определяемой из условий прочности, или поверх основного слоя проектируют специальный слой, который периодически возобновляют. Слой износа может устраиваться из другого материала, чем основной слой покрытия; в ряде случаев на дорожной одежде, не обладающей свойством водонепроницаемости, он служит и гидроизоляционным слоем. Кроме того, именно слой износа используют для повышения шероховатости покрытия.

Основание представляет собой основной несущий слой, обеспечивающий прочность и устойчивость дорожной одежды. Основание распределяет давление от колес на нижние слои или грунт земляного полотна. Для устройства основания, к которому не предъявляют требований высокой износостойкости и сопротивления значительным сдвигающим усилиям, можно использовать более дешевые строительные материалы, но достаточно стойкие к периодическому замораживанию — оттаиванию и водонасыщению — высушиванию. Основания могут устраиваться не из одного, а из нескольких слоев с использованием общего принципа укладки менее прочных, но более дешевых материалов в нижние слои.

Дополнительный слой

Рис. 28. Конструкция дорожной одежды: 1 — слой износа; 2 — покрытие; 3 — основание; 4 — дополнительное основание (подстилающий слой); 5 — земляное полотно



основания (подстилающий слой) устраивают непосредственно на уплотненной поверхности земляного полотна, главным образом при неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, когда надо рассредоточить вертикальные давления от колес на большую площадь. Этот слой является дренирующим, морозостойким и выравнивающим. Его устраивают из крупного песка, шлака, песчано-гравийного и другого, не подвергающегося пучению материала.

В зависимости от вида материалов, применяемых для устройства дорожной одежды и грунтов земляного полотна,

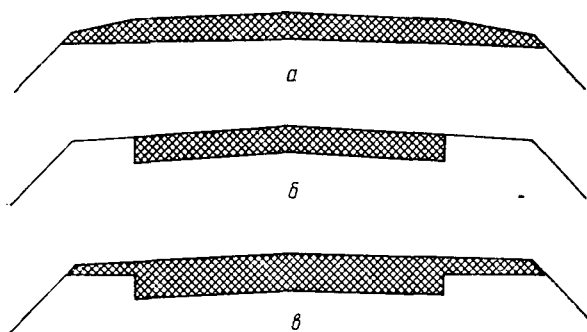


Рис. 29. Поперечные профили дорожных одежд:

a — серповидный; *б* — корытный; *в* — полукорытный; *г* — корытный с присыпными обочинами

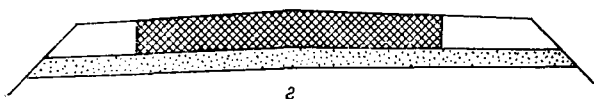
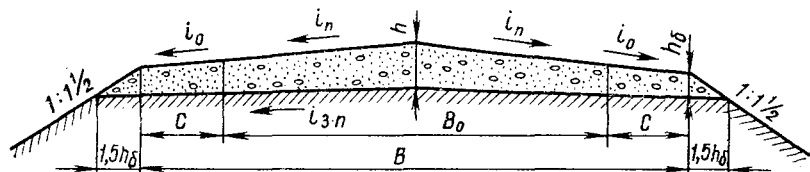


Рис. 30. Увеличение ширины земляного полотна при серповидном профиле



поперечный профиль дорожной одежды может быть серповидным, полукорытным и корытным с присыпными обочинами.

Серповидный поперечный профиль дорожной одежды (рис. 29, *a*) является наиболее простой конструкцией. Он удобен при постройке и не требует больших затрат при эксплуатации дороги. При устройстве дорожной одежды из водонепроницаемых материалов, особенно на лесовозных дорогах, просочившаяся через дорожную одежду вода легко уходит по наклонной поверхности (уклон 20—30‰) земляного полотна. Это обстоятельство позволяет обходиться без водоотводных устройств. Кроме того, поверхность обочин достаточно укреплена и грязь с нее не заносится на дорогу. Уклон поверхности проезжей части зависит от вида применяемых материалов: для

гравийных покрытий 30—40‰ и для покрытий из битумоминеральных смесей 20—30‰. На обочинах уклон устраивается на 10‰ круче, чем на проезжей части.

Недостатком одежд серповидного профиля является увеличение расхода дорожных материалов при его применении. Кроме того, ширина земляного полотна автомобильных дорог относится к поверхности дороги в законченном виде, т. е. с учетом дорожной одежды. В связи с этим ширина собственно земляного полотна (рис. 30) при устройстве одежды серповидного типа должна быть равна:

$$B_c = B_0 + 2mh_6, \quad (\text{III.1})$$

$$\text{где } h_6 = h - \frac{B_0}{2} (i_{\text{п}} - i_{\text{з. п}}) - c (i_0 - i_{\text{з. п}}), \quad (\text{III.2})$$

здесь h_6 — толщина дорожной одежды на бровке земляного полотна;
 m — показатель крутизны откоса;
 h — проектная толщина дорожной одежды по оси дороги;
 $i_{\text{п}}, i_0, i_{\text{з. п}}$ — поперечные уклоны проезжей части дороги, обочин и земляного полотна в долях единицы (например, 0,040, 0,050, 0,020); если $h < 4-5$ см, поправка к ширине земляного полотна не учитывается.

Корытный профиль дорожной одежды (см. рис. 29, б) применяют в тех случаях, когда дорожную одежду устраивают из дорогостоящих материалов или она имеет значительную толщину. Корытный профиль при водопроницаемых дорожных одеждах почти не применим, так как в этом случае на дно корыта проникает вода и удалить ее оттуда можно только при устройстве специальных дренажных устройств, дорогих и мало технологичных, вызывающих применение и ручного труда. Даже на дренирующих грунтах земляного полотна применение корытного профиля для водопроницаемых покрытий допускать не следует, так как в процессе эксплуатации такие дорожные одежды быстро разрушаются. Недостатком корытного профиля является и легкость заноса грязи с обочины. При водонепроницаемых покрытиях корытный профиль применяется широко, так как дает возможность значительно снизить стоимость дорожной одежды. Уклон дна корыта делают таким же, как и у покрытия.

Полукорытный профиль (рис. 29, в) при водопроницаемых материалах также вызывает размокание и деформирование дна корыта ввиду трудности отвода из него воды. Его преимущество только в укреплении обочин.

Корытный профиль с присыпными обочинами (рис. 29, г) в настоящее время получил большое распространение.

ние. На спрoфилированной поверхности земляного полотна устраивают сплошной подстилающий слой из дренирующего материала (обычно песка). На этом слое возводят корытный профиль с присыпными обочинами, в котором для дорожной одежды можно использовать и водопроницаемые материалы (гравий и щебень), так как проникающая через их слои вода удаляется по дренирующему сплошному слою и не размачивает поверхность земляного полотна.

По сопротивлению изгибу под воздействием колесных нагрузок все конструкции дорожных одежд разделяются на жесткие (цементобетонные) и нежесткие. Слои покрытий и оснований могут состоять из сплошных монолитных материалов в виде цементобетонных и асфальтобетонных смесей, сборных цементобетонных покрытий из плит, а также из рыхлых материалов, прочность которых создается в результате уплотнения отдельных частиц в слое.

Со строительной точки зрения важными характеристиками дорожных одежд являются технологичность их устройства, возможность применения наиболее технологичных приемов, механизации, поточной организации работ. Высокой степенью технологичности обладают слои из гравия, шлака и щебня, так как при их устройстве возможен проезд строительного транспорта. Удобны битумоминеральные смеси различного характера, допускающие немедленный проезд автомобилей. Менее удобны слои, устраиваемые из неорганических вяжущих, так как после их укладки нужен длительный уход и недопустим проезд по свежеложенному слою. Нетехнологичными являются булыжные покрытия (хотя они прочные и не очень дорогие), а также конструкции с применением песчаного слоя в корыте.

В связи с тем, что покрытия дорог характеризуют эксплуатационно-транспортные качества проезжей части, дорожные одежды классифицируют по типу покрытий в зависимости от степени капитальности, допускаемого размера движения (в штуках машин или миллионах тонн брутто груза) и технико-экономических показателей.

Покрытия низшего типа устраивают из грунтов, укрепленных или улучшенных различными местными материалами. Добавки песка, гравия и других зернистых материалов в глинистые и пылеватые грунты увеличивают их сопротивляемость нагрузкам. Для повышения связности в песчаные грунты добавляют глину и суглинки. На лесовозных дорогах к покрытиям низшего типа относят деревогрунтовые и деревянно-лежневые покрытия.

Покрытия переходного типа устраивают из щебня, гравия, шлака и других местных достаточно прочных материалов, причем на дорогах общего пользования такие покрытия рассматривают как первый этап дальнейшего совершенствова-

ния проезжей части. Одежды с покрытиями переходного типа, периодическое выравнивание поверхности которых не сопряжено со значительными затратами, проектируют, допуская некоторое накопление остаточных деформаций под действием движения. К дорожным одеждам переходного типа относят также дороги, имеющие покрытия из грунта и местных малопрочных каменных материалов, обработанных на дороге различными вяжущими, что повышает их сопротивляемость вертикальным и горизонтальным усилиям, воздействующим на дорогу при движении автомобилей. На лесовозных дорогах к покрытиям переходного типа относят колеиные покрытия из инвентарных железобетонных плит, лежащих на песчаном основании.

Усовершенствованные покрытия облегченного типа устраивают с применением прочного щебня, гравия или минеральных смесей различной зернистости и плотности, обработанных органическими вяжущими в специальных установках. Такие покрытия хорошо сопротивляются действию колес автомобилей. В качестве покрытий используют и местные грунты, обработанные органическим вяжущим в установках с последующим покрытием поверхности тонким защитным слоем путем разлива битума и последующей засыпкой очень тонким слоем мелкого щебня (желательно из твердых неполирующихся пород), что повышает износоустойчивость, шероховатость и водонепроницаемость покрытия.

Усовершенствованные покрытия капитального типа являются наиболее прочными и совершенными, но и самыми дорогими. Их применение оправдано только при очень больших грузооборотах, в частности на лесовозных дорогах III категории. Наиболее распространены асфальтобетонные покрытия, имеющие ровную упругую и удобную для движения поверхность, но такие покрытия имеют повышенную скользкость при увлажнении, иногда на них происходит потеря прочности из-за образования волн, а также образование трещин из-за излишней хрупкости. Асфальтовое покрытие должно укладываться на очень прочное жесткое основание. При интенсивном движении применяют цементобетонные покрытия, обладающие большой прочностью и жесткостью и не накапливающие пластических деформаций. Это наиболее дорогие покрытия. Для уменьшения напряжения в бетоне и предупреждения трещин в бетонном покрытии устраивают продольные и поперечные швы расширения и сжатия. Такие покрытия также нуждаются в очень прочном основании. При устройстве цементобетонных покрытий на относительно слабых грунтах применяют армирование в виде рулонной сетки с расходом металла до 1,5—2,0 кг/м².

Технологические принципы строительства дорожных одежд

Создание прочной, долговечной конструкции дорожной одежды с заранее определенными транспортно-эксплуатационными качествами при минимальном расходе трудовых, материальных и денежных ресурсов обеспечивается применением определенных материалов и системой технологических воздействий на используемые материалы дорожной техники и в условиях определенного влажностного и температурного режима. В результате такого технологического воздействия как размельчение разрушаются существующие в размельчаемом материале связи, уменьшаются первоначальные размеры частиц и увеличивается их суммарная поверхность. Для размельчения каменных материалов используют дробилки и мельницы, а связных грунтов — автогрейдеры, дорожные фрезы, бороны и др. Перемешивание материалов позволяет получить однородные структуры многокомпонентных материалов (например, цементогрунта). В этом случае энергия расходуется на преодоление сил трения и сцепления между перемешиваемыми компонентами. Энергоемкость этого процесса может быть уменьшена при создании оптимальных влажностных и температурных условий. Уплотнение приводит к возникновению сил взаимодействия между компонентами материала и формированию его структуры за счет увеличения и упрочения связей между уплотняемыми частицами. На уплотнение расходуется меньше энергии по сравнению с двумя предыдущими способами технологического воздействия.

Технологический процесс устройства дорожных одежд состоит из ряда рабочих процессов и основных рабочих операций. Рабочей операцией называется простейший организационно неделимый, технологически однородный элемент производственного процесса (например, уплотнение слоя). Рабочим процессом называется совокупность нескольких рабочих операций, выполняемых в определенной технологической последовательности, в результате которых создается законченный элемент дорожной одежды. Комплексный процесс складывается из нескольких рабочих процессов по созданию отдельных слоев дорожной одежды, и его продукцией является строительство всей дорожной одежды.

Устройством дорожных одежд занимаются механизированные подразделения в виде звеньев, бригад и дорожно-строительных отрядов. Низовым подразделением является звено дорожных машин, выполняющее одну или несколько рабочих операций. Несколько звеньев, выполняющих операции по устройству отдельных слоев дорожной одежды, объединяют в бригады, а последние — в машинно-дорожные отряды. Принятую организацию и технологию работ указывают в технологи-

ческой карте. Рациональный вариант технологического процесса для каждого специализированного потока выбирают на основе технико-экономических расчетов. Варианты технологических процессов сравнивают по следующим технико-экономическим показателям: трудоемкости A (в чел.-днях на единицу готовой продукции), энергоемкости \mathcal{E} (в кВт на единицу готовой продукции), технологической себестоимости работ (в руб. на единицу готовой продукции), требуемому числу рабочих и машин.

Трудоемкость равна:

$$A = \frac{\Sigma A_{\text{м}} + \Sigma A_{\text{всп}}}{P_{\text{э}}} + \frac{\Sigma A_{\text{п}}}{V}; \quad (\text{III.3})$$

энергоемкость

$$\mathcal{E} = \frac{\Sigma \mathcal{E}_{\text{р}}}{P_{\text{э}}}; \quad (\text{III.4})$$

технологическая себестоимость

$$C_{\text{тс}} = \frac{K_1 \Sigma C_{\text{м. см}} + K_2 \Sigma \mathcal{E}_{\text{всп. р.}}}{P_{\text{э}}}. \quad (\text{III.5})$$

В этих формулах: $\Sigma A_{\text{м}}$, $\Sigma A_{\text{всп}}$ — затраты труда в смену рабочих, выполняющих основные процессы, и рабочих, занятых на механизированных работах, чел.-дни; $\Sigma A_{\text{п}}$ — то же, но для подготовительного производства и обслуживающих хозяйств, чел.-дни; $\Sigma \mathcal{E}_{\text{р}}$ — суммарная мощность двигателей всех машин, участвующих в технологическом процессе, кВт; $\Sigma C_{\text{мсм}}$ — суммарная стоимость машино-смен, участвующих в данном технологическом процессе, руб.; $\Sigma \mathcal{E}_{\text{всп. р.}}$ — суммарная зарплата рабочих, выполняющих вспомогательные работы в течение смены, руб.; $P_{\text{э}}$ — сменная эксплуатационная производительность данного комплекса машин в единицах готовой продукции; V — суммарный объем работ, выполняемый по запроектированной организации строительного процесса, в единицах готовой продукции; K_1 — коэффициент накладных расходов на стоимость эксплуатации машин (1,10—1,13); K_2 — коэффициент накладных расходов на основную заработную плату (1,65).

Наиболее выгодным является вариант с меньшими абсолютными значениями показателей, полученных по приведенным расчетам. Обобщающим критерием экономической эффективности того или иного варианта технологического процесса является себестоимость работ. В условиях лесозаготовительных предприятий, как правило, удаленных от дорог общего пользования, решающим фактором при выборе варианта технологического процесса строительства лесовозных дорог является фактическое наличие тех или иных дорожных машин, а также вопрос о наличии в районе строящейся дороги дорожно-строительных материалов.

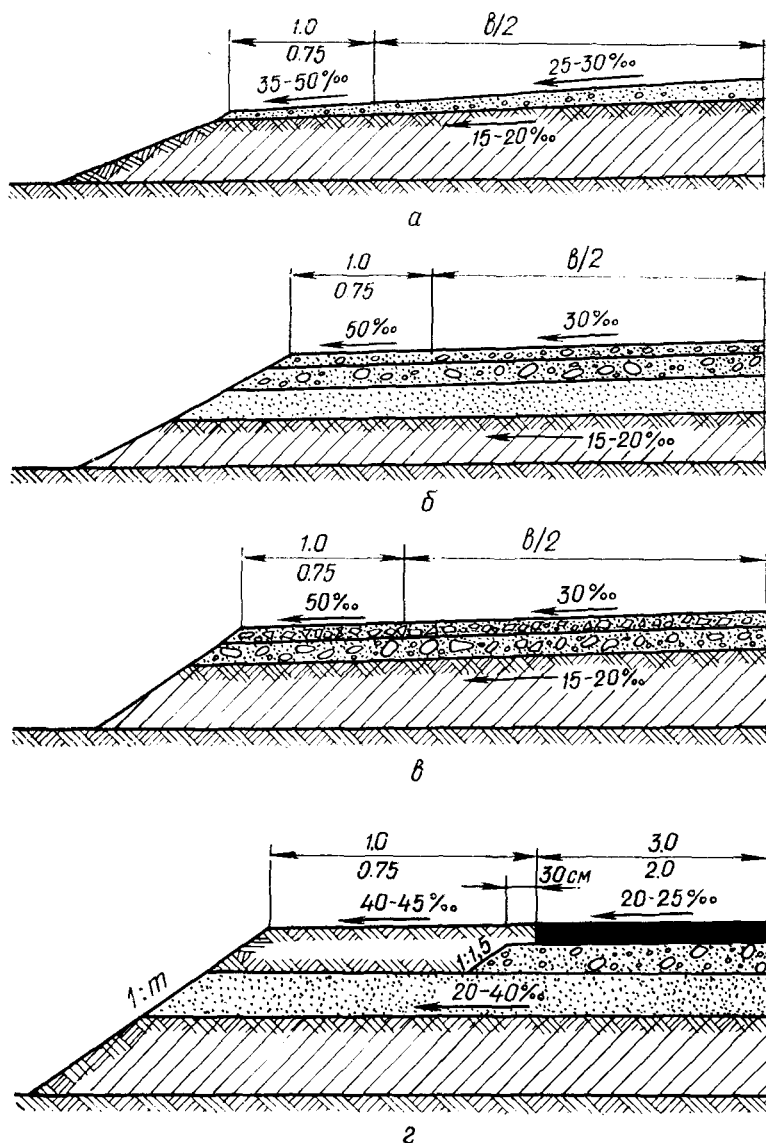


Рис. 31. Поперечные профили дорожных одежд при использовании гравийных и щебеночных материалов:

а — однослойная гравийная дорожная одежда; б — двухслойная дорожная одежда на песчаном подстилающем слое; в — дорожная одежда с покрытием из необработанного щебня; г — дорожная одежда с покрытием из гравия, обработанного битумом

При устройстве дорожных одежд в лесной промышленности следует в максимальной степени использовать местные строительные материалы. Разработка и выбор конструкции одежды зависят от заданных параметров лесовозных дорог (грузооборота, типа автомобилей), наличия дорожно-строительных материалов и грунтов, гидрологических условий. На рис. 31, а приведена однослойная гравийная дорожная одежда, рекомендуемая Гипролестрансом [42] для веток лесовозных дорог и магистралей лесохозяйственных дорог. Такие же конструкции

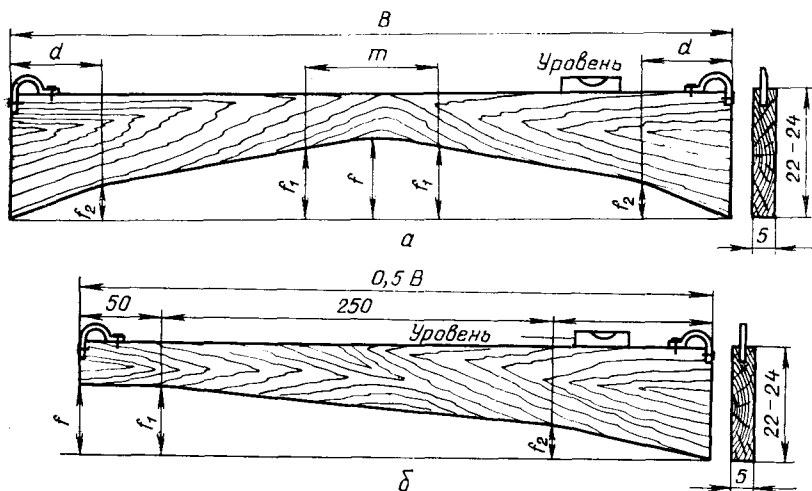


Рис. 32. Шаблон для земляного полотна:

а — шириной 4,5 и 6 м; б — шириной 8 м (значение букв в табл. III.1)

разработаны и с подстилающим песчаным слоем толщиной 25 см и более. Двухслойная гравийная дорожная одежда на песчаном подстилающем слое (рис. 31, б) рекомендуется для магистралей лесовозных дорог, имеющих годовой грузооборот от 100 до 300 тыс. м³. Покрытие толщиной 10 см рекомендуется устраивать из естественных или специально подобранных гравийных смесей оптимального состава. Толщину слоя основания устанавливают расчетом. Для основания целесообразно использовать гравийную естественную смесь без подбора и обогащения фракций, но с максимальным размером крупных фракций (70 мм). Такие же конструкции запроектированы и без подстилающего слоя для лучших грунтовых условий. Конструкция дорожной одежды с покрытием из щебня толщиной 10 см (рис. 31, в) получена в результате дробления валунов и булыжника. В слое основания запроектирована гравийная смесь после удаления из нее валунов и крупного булыжника.

На рис. 31, *г* приведена конструкция дорожной одежды с покрытием из гравия, обработанного битумом (слоем толщиной 6 см). Основанием служит слой гравия (размер по расчету) и песчаный подстилающий слой на всю ширину земляного полотна.

Строительство дорожных одежд должно выполняться специализированными звеньями. Скорость выполнения работ каждым звеном должна соответствовать заданному темпу потока. Перед началом работ по устройству дорожной одежды проверяют

III.1. Основные размеры элементов шаблона

Показатели	Размеры стрелок шаблона при ширине земляного полотна <i>B</i>		
	8,0	6,5	4,5
$m/2$	0,5	0,5	0,5
d	0,5	0,5	0,5
$\frac{B}{2} - d - \frac{m}{2}$	3,0	2,25	1,25
f при $i_n = 30\%$	10,5—11	9,8—10,8	6,8—7,9
$i_n = 40\%$	13,5—14	3,12—12,5	8,5—9
f_1 при $i_n = 30\%$	10—10,5	9,3—9,8	9,3—6,8
$i_n = 40\%$	12,5—13	11,5—12	7,5—8
f_2 при $i_n = 30\%$	2,5—3	2,5—3	2,5—3
$i_n = 40\%$	2,5—3	2,5—3	2,5—3

Примечание. B , d , m даны в метрах, f , f_1 , f_2 — в сантиметрах. Значения стрелок дано двумя цифрами: верхний предел значений для уклона обочин 60% и нижний 50%. Как правило, следует брать значения для 50%. Центральный угол шаблона на расстоянии $m/2 = 0,5$ м смягается по плавной кривой. Толщину покрытия проверяют или при помощи лунок (вырубок) или нивелированием по верху покрытия.

качество земляного полотна и делают разбивки для строительства дорожной одежды, восстанавливая проектный пикетаж и устанавливая границы участков, где меняется тип или толщина слоев дорожной одежды. В необходимых случаях устанавливают колышки, показывающие высоту подстилающих и других слоев дорожной одежды до уплотнения. Большей частью высотные разбивки дорожной одежды выполняют от поверхности земляного полотна, отметки которого при приемке должны быть сверены с проектными. Толщина подстилающего и других слоев привозных скелетных материалов регулируется расстоянием между местами разгрузки транспортных машин. Расстояние между смежными конусами материала равно:

$$l = \frac{Q}{\alpha q},$$

где Q — грузоподъемность транспортного средства, т;
 α — объемный вес привозного материала, т/м³;

q — требуемый объем материала м³/пог. м дороги с учетом коэффициента уплотнения.

Места расположения конусов материала указывают на схеме, а на полотне дороги отмечают белыми колышками. В процессе строительства дорожной одежды, а затем и при его сдаче проверяют правильность поперечного профиля, которую удобно выполнять шаблоном (рис. 32). Размеры стрелок шаблона при различной ширине полотна приведены в табл. III.1.

§ 2. УСТРОЙСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ИЗ УЛУЧШЕННЫХ ГРУНТОВ И ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ СКЕЛЕТНЫМИ ДОБАВКАМИ

Улучшенными называют грунтовые дороги, проезжая часть которых состоит из слоя грунта с искусственно улучшенными свойствами.

При проектировании грунта оптимального гранулометрического состава необходимо подобрать из имеющихся грунтов смесь, состоящую из наиболее крупных частиц, обладающую наибольшей степенью уплотнения; определить оптимальное количество мелкозема (пыль + глина); обеспечить оптимальное уплотнение.

Грунтовые дороги с дорожной одеждой из смесей оптимального гранулометрического состава. Физико-механические свойства грунтов оптимального гранулометрического состава меньше изменяются при колебаниях влажности. Такие грунты имеют большей объемный вес и по гранулометрическому составу относятся к супесям. У смесей с одинаковой плотностью модуль упругости различен. Наивысшее его значение наблюдается при больших размерах частиц. Прочность смеси также зависит от плотности. Модуль упругости выше у более уплотненной смеси. Исследованиями установлено, что у грунта с оптимальной плотностью влажность не изменяется в течение года, если на него непосредственно не воздействует нагрузка или грунт не подвергается систематическому попеременному замораживанию и оттаиванию, которое приводит его к разуплотнению.

Дозировка мелкозема в основном зависит от характера работы грунта. Например, если смесь находится в нижнем слое, т. е. на нее не воздействует подвижной транспорт, такой грунт может не обладать связностью. Однако в данном случае он не должен терять несущую способность при увлажнении. Если грунт оптимального гранулометрического состава укладывают в верхний слой дорожной одежды, он должен обладать наряду с неразмокаемостью еще и связностью. Поэтому от правильности подбора состава грунта будут в значительной мере зависеть эксплуатационные качества покрытия. При проектировании гранулометрического состава грунтов необходимо учитывать следующие факторы:

при составлении оптимальной смеси на базе глинистого грунта пылеватых и глинистых частиц должно быть не более 35%, число пластичности не более 8 и граница текучести не более 35%;

при составлении оптимальной смеси на базе песчаного грунта количество пылеватых и глинистых частиц в верхнем слое должно быть не менее 15%, в нижнем — 10%; число пластичности не менее 4%.

Практически при составлении оптимальных песчано-глинистых смесей приходится добавлять либо песчаный или гравелистый материал к глинистым или пылеватым грунтам, либо суглинок к сыпучим пескам. Содержание добавляемого из карьера песчаного или гравийного грунта P определяется по формуле

$$P = \frac{C - d}{d - C_1} \cdot 100, \quad (\text{III.6})$$

где C — количество пылеватых или глинистых частиц в грунте дороги, %;

C_1 — то же в привозном грунте;

d — максимально допустимое количество пыли и глины в оптимальной смеси, %.

Если для получения грунта оптимального гранулометрического состава требуется добавить суглинистые и глинистые грунты, величину P можно определять по приведенной выше формуле, приняв следующие условные обозначения:

C — количество песчаных частиц в грунте дороги, %;

C_1 — то же в карьерном грунте, %;

d — минимально допустимое количество песка в оптимальной смеси.

Грунты, в которых C_1 больше d , не могут быть использованы в качестве улучшающих добавок для проектирования оптимальных смесей.

Количество карьерного грунта, добавляемого для получения оптимальной смеси по объему на 1 км, определяется по формуле

$$V = K_y b h f \frac{\delta_1}{\delta_2} \cdot \frac{\rho}{100 + \rho}, \quad (\text{III.7})$$

где K_y — коэффициент уплотнения (в среднем может быть принят равным 1,1—1,2);

b — ширина покрытия, м;

h — толщина слоя покрытия, м;

f — коэффициент, учитывающий поперечный профиль дорожного покрытия, его величину можно рассчитать по площади поперечного сечения профиля покрытия, равной 1, при полукорытном 1,05—1,15, при серповидном 1,15—1,25;

p — процент добавок привозного грунта;
 δ_1/δ_2 — отношение объемных весов грунта земляного полотна δ_1 к скелетной добавке δ_2 .

Для лучшего перемешивания скелетной добавки с грунтом земляного полотна последний разрыхляют на глубину H (см), рассчитываемую по формуле

$$H = h \left(1 - \frac{p}{100 + p} \right), \quad (\text{III.8})$$

где h — расчетная толщина покрытия, см;

p — процент добавок (меньше 100).

Состав и последовательность работ по устройству покрытий из улучшенных грунтов следующие (рис. 33):

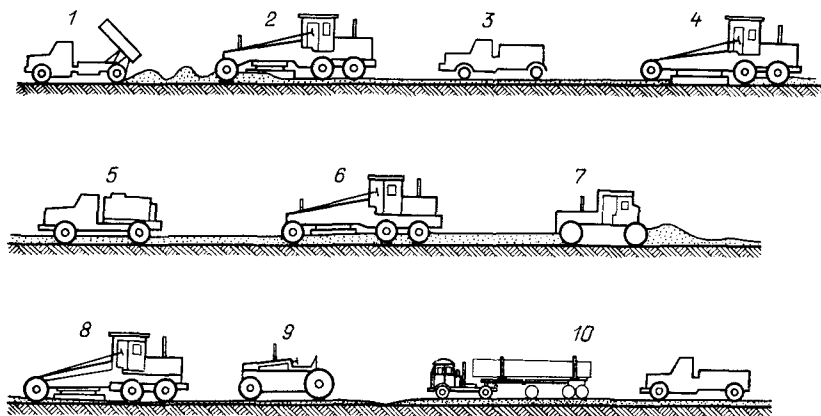


Рис. 33. Схема укрепления грунта с использованием автогрейдера:

1—8 — чередование технологических операций; 9 — уплотнение катками; 10 — уплотнение под действием колес транспортных средств

1) рыхление поверхности земляного полотна, выполняемое кирковщиками автогрейдера или другими кирковщиками;

2) подвозка улучшающих добавок на самосвалах;

3) распределение вывезенных на дорогу добавок другого грунта автогрейдерами, реже прицепными грейдерами;

4) перемешивание добавок с грунтом земляного полотна при 3—8 проходах по одному месту с одновременным увлажнением грунта до оптимальной влажности (выполняют грейдером, дорожными и грунтовыми фрезами); для поливки грунтов требуется автополивщик или какая-либо автоцистерна;

5) профилирование перемешанного слоя с устранением дефектов, выполняемое грейдерами;

6) подкатка, а затем укатка покрытия катками на пневматических шинах (сначала легким, затем тяжелым).

В связи с тем что подвезенный материал распределяют по поверхности земляного полотна грейдерами и при устройстве других покрытий, рассмотрим приведенную ниже типовую технологическую карту Гипролестранса № ДО-2 [4].

Распределение подвезенного материала по поверхности земляного полотна автогрейдером или грейдером

I. Область применения

Карта применяется на строительстве автомобильных лесовозных дорог при устройстве дорожной одежды с применением привозных каменных и грунтовых добавок.

II. Состав работы

В состав работы входят:

развалка куч материала (грунтовых добавок, гравия, песка, щебня), расположенного по оси или у бровки дороги;

распределение материала по ширине земляного полотна (или по ширине проезжей части) с приданием требуемого поперечного профиля перед уплотнением или смешением с другими материалами.

III. Технические требования и правила приемки

1. Развалка куч, распределение материала по ширине земляного полотна или проезжей части, профилирование производятся с учетом придания поперечного профиля.

2. Распределение материала производится при угле захвата 88—90° и угле зарезания 3—0° (табл. III.2).

III.2. Углы установки ножа автогрейдера при ширине земляного полотна 8 м

Номер кругового прохода	Операция	Угол захвата, град.	Угол наклона, град.
1	Распределение	90	0
2	»	60—80	0—1
3	Профилирование (создание уклона 5—6° на обочинах)	40—50	3—3,5
4	Профилирование	55	1—2
5	»	55	2—2,5
6	»	55	2—3

IV. Механизмы и инструменты

Автогрейдер или грейдер прицепной 1	Железные грабли	4—7
Шаблон 1	Совковая лопата	4—6
Комплект визирок 1	Складной метр	1
	Утюг прицепной	1

V. Состав и расстановка рабочих

При работе автогрейдером: грейдерист-машинист 6-го разряда; дорожные рабочие: один 3-го разряда и два — 2-го разряда.

При работе прицепным грейдером грейдерист-машинист 5-го разряда; тракторист-машинист 6-го разряда; дорожные рабочие: один 3-го и три-четыре 2-го разряда.

VI. Технология выполнения работ

1. Приступая к развалке, грейдерист знакомится с расположением куч на полотне дороги и получает от мастера схему проходов, намечаемую в зависимости от расположения куч (по оси, у бровок) и ширины земляного полотна. Примерная схема развалки при ширине земляного полотна 8 м приведена на рис. 34.

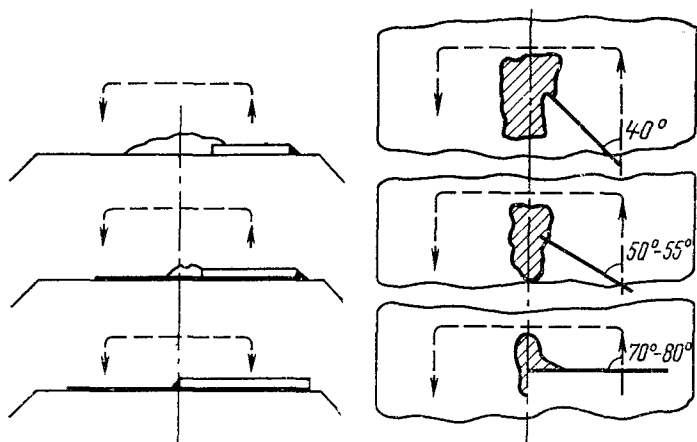


Рис. 34. Схема развалки материала, вывезенного на дорогу автогрейдером при ширине земляного полотна 8 м

Стрелки на рис. 34 указывают направления проходов автогрейдера.

2. Вслед за развалкой материал распределяют по ширине земляного полотна (или проезжей части).

3. В целях сокращения потери времени на развороты автогрейдера в начале и в конце захватки работу следует выполнять на переднем и заднем ходу автогрейдера с поворотом ножа на 180° .

Распределение выполняется на II передаче.

4. При выполнении работы автогрейдером только на переднем ходу (без поворота ножа на 180°), а также при работе прицепным грейдером для разворота машин в начале и конце захватки вне ее пределов устраивают съезды. Для устройства съездов выбирают места, где облегчен выезд машин на обрезы.

5. После распределения материала грейдерист переходит к профилировке, разворачивая нож автогрейдера (грейдера) наполовину ширины проезжей части.

Угол наклона меняется в зависимости от расположения материала и при последних проходах соответствует проектному уклону.

Профилирование ведется круговыми проходами до тех пор, пока материал не расположится в соответствии с разбивкой. Профилирование выполняется на I—II передачах.

Для придания смеси проектного уклона требуется от двух до шести круговых проходов. Один круговой проход делается для придания проектного уклона обочинам. Схему проходов грейдерист получает от мастера.

VII. Техничко-экономические показатели на 1000 м^2 (по данным ЕНиП 1969 г., § 17—1, табл. 2, пп. 1, 3, 7 и 9; § 17—26, пп. 1а и 2а)

	при гравийном и грунтовым материале	при щебне
Трудоемкость работ при распределении материала по поверхности земляного полотна с окончательной планировкой и отделкой основания или покрытия вручную, чел.-день, при работе:		
автогрейдером	1,97	2,82
прицепным грейдером	2,65	3,75
Выработка на одного рабочего в смену, м ² , при работе:		
автогрейдером	510	355
прицепным грейдером	380	270
Затраты машинного времени, маш.-смена:		
автогрейдера	1,30	1,55
грейдера с трактором Т-100	1,30	1,55

Грунтогравийные и грунтощебеночные дорожные одежды.

Грунтощебенем и грунтогравием называется дорожно-строительный материал, состоящий из грунта и каменного материала в определенной пропорции. В данном случае гравий и щебень образуют скелет. При достаточном количестве каменного материала отдельные щебенки соприкасаются друг с другом и частично заклиниваются. Грунт заполняет промежутки между щебнем или гравием и обеспечивает связность материала. При излишнем количестве грунта в смеси поверхности отдельных щебенок не соприкасаются друг с другом и при значительном увлажнении грунтощебеночный материал становится пластичным. В этом состоянии он не сопротивляется колееобразованию. Поэтому при создании грунтощебеночного слоя очень важно, чтобы скелетного материала было достаточно для соприкосновения каменных частиц друг с другом. По исследованиям проф. А. К. Бируля, скелетный материал должен составлять не менее 55% объема смеси. Только в этом случае и при потере грунтовой частью материала несущих свойств грунтощебен будет противостоять образованию колеевости.

Если толщина покрытия принимается до 15 см, его строят в один слой, при большей толщине устраивают двухслойную дорожную одежду. Верхний слой нужно устраивать с большей долей мелкозема (глинистых и пылеватых фракций) для получения лучшей связности. В нижнем слое могут преобладать крупноскелетные добавки, так как здесь не требуется большой связности. Поперечный уклон покрытий принимается 25—35‰, в пределах обочин 40—50‰. При выборе скелетных добавок следует иметь в виду, что размер щебня из прочных каменных пород, а также кислых или нейтральных металлургических шлаков не должен превышать в верхнем слое 25 мм, в нижнем 60 мм.

Применение грунтощебня и грунтогравия, кроме экономии щебеночного материала, позволяет более широко использовать

низкопрочные материалы, так как скелетные добавки под защитой грунта меньше изнашиваются. В грунтощебне можно использовать плохо поддающиеся укатке кварцит и остеклованные шлаки, горелые породы, обломочный материал, имеющийся в осыпях в горных районах. Слой грунтощебня не обладает, однако, хорошим сопротивлением износу, в силу чего его лучше применять для устройства оснований дорожных одежд (на дорогах с незначительной интенсивностью движения его применяют и для устройства покрытий). По своему составу каменный материал, применяемый в таких покрытиях, не должен отличаться от состава гравийных оптимальных смесей.

Грунтогравийные или грунтощебеночные покрытия устраивают серповидного профиля, реже полукорытного. В зависимости от грунта земляного полотна и условий строительства грунтощебеночную смесь составляют одним из следующих способов: смешением щебня с грунтом земляного полотна, смешением щебня и грунтовых добавок с грунтом земляного полотна, смешением щебня с привозными грунтовыми добавками без использования грунта земляного полотна.

Техническая последовательность операций при каждом из этих способов:

при смешении щебня с грунтом земляного полотна:

1) рыхление поверхности земляного полотна кирковщиком автогрейдера или рыхлителями;

2) подвозка щебня автосамосвалами или саморазгружающимися тракторными тележками;

3) распределение щебня равномерным слоем и собирание щебня и разрыхленного грунта в валы автогрейдерами и прицепными грейдерами;

4) перемешивание материала и приготовление смеси дорожной фрезой или автогрейдерами;

5) распределение и профилирование грунтощебеночной смеси по ширине земляного полотна автогрейдером с проверкой профиля шаблоном;

6) подкатка смеси и укатка прицепными пневмокатками (сначала легкими, затем тяжелыми);

при смешении щебня и грунтовых добавок с грунтом земляного полотна:

1) рыхление поверхности земляного полотна кирковщиком автогрейдера;

2) подвозка грунтовых добавок самосвалами или тракторными тележками;

3) распределение грунтовых добавок равномерным слоем автогрейдером;

4) подвозка щебня самосвалами или тракторными тележками;

5) распределение щебня равномерным слоем автогрейдером;

6) перемешивание материала дорожной фрезой или автогрейдером;

7) распределение и профилирование грунтощебеночной смеси по ширине земляного полотна автогрейдером с проверкой профиля по шаблону;

8) подкатка и укатка смеси;

при смещении щебня с привозными грунтовыми добавками без использования грунта земляного полотна рыхление грунтовой поверхности не требуется и процесс начинается с подвозки добавок. Поэтому за исключением первой операции все остальные те же, что и в предыдущем способе. Следует иметь в виду, что при недостаточной влажности грунтощебеночную смесь одновременно с прикаткой и укаткой увлажняют.

Для выполнения указанных операций можно рекомендовать следующие машины: автогрейдеры, имеющие кирковщики ДЗ-2 (Д-144А), ДЗ-31А (Д-557А) и ДЗ-14, грейдеры с двигателями меньшей мощности, не имеющие кирковщиков, ДЗ-40 модификации А и Б (Д-598) и ДЗ-61А (Д-710А); могут быть также использованы прицепные грейдеры ДЗ-1, ДЗ-6 и ДЗ-58, самосвалы ЗИЛ-ММЗ-555, МАЗ-205, МАЗ-503 грузоподъемностью 4,5—10 т, прицепной каток на пневматических шинах ДУ-30 (массой 12,5 т) или самоходные ДУ-31 (массой с балластом 38 т) и самоходный ДУ-29 (массой 30 т).

При устройстве грунтощебня и грунтогравия доукатку покрытий можно производить проходящими машинами, регулируя их движение после постройки дороги. При образовании на поверхности колеи или других деформаций поверхность выравнивают грейдерами. При недостаточном уплотнении в связи с малой влажностью грунта и невозможности искусственного увлажнения требуется тщательное регулирование движения и повторение укатки после увлажнения дорожной одежды дождем. Целесообразно в грунтощебеночное покрытие вводить 1,5% хлористого кальция, который способствует сохранению оптимальной влажности, понижает температуру замерзания смеси, уменьшает пыльность покрытия и предохраняет его от разуплотнения. В верхнюю часть грунтощебеночного покрытия перед окончательным уплотнением можно добавить небольшое количество твердого дробленого гравия или щебня (10—30 кг на 1 м² покрытия). При использовании окатанного гравия в него следует добавлять щебень. Грунтогравийные покрытия из окатанного речного гравия с плоскими и продолговатыми частицами имеют значительно худшее качество, так как такие частицы плохо проникают в грунт, не обеспечивают заклинки и надлежащей прочности и устойчивости слоя.

§ 3. УСТРОЙСТВО ГРАВИЙНЫХ И ЩЕБЕНОЧНЫХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Гравийные дороги имеют наибольший удельный вес среди лесовозных дорог с твердыми покрытиями. В то же время для успешной работы в слое покрытия гравийный материал должен отвечать определенным требованиям. В гравийном материале крупные каменные частицы употребляются в смеси с мелкими песчаными и глинистыми фракциями. Гравийные или щебеночные материалы должны образовывать скелетную (каркасную) часть, достаточно прочную и морозостойкую. Вся смесь должна быть плотной, для чего необходимо строго определенное соотношение между частицами, образующими скелет, и частицами, заполняющими пустоты между скелетными частями. Пылевидные и глинистые частицы в связи с водой образуют слабое цементирующее вещество. Наблюдение за состоянием гравийных покрытий показало, что не все гравийные частицы одинаковы: крупные зерна не должны допускаться в покрытие, так как у них связность между частицами отсутствует. Покрытия из крупнозернистого материала быстро разрушаются. Гравийные смеси с использованием крупных частиц можно применять только в слоях основания. Большое количество песчаных частиц (0,1—1 мм) в гравийных смесях также нежелательно, так как связность зерен оказывается недостаточной. При определенном соотношении между числом частиц в отдельных фракциях качество материала улучшается — такие смеси называют оптимальными плотными смесями. Состав грунтов, заполняющий пустоты между частицами гравия в смеси, должен по возможности соответствовать оптимальному составу дорожных грунтов. Для получения оптимального состава гравийных смесей гравийный материал следует пропускать через грохот для отделения ненужных частиц или искусственно добавлять новые недостающие частицы. И то и другое удорожает строительство дорог. Для облегчения подбора гравийных смесей и возможности более широкого использования природных карьерных смесей в 1971 г. по предложению Гипролестранса Минлеспром СССР утвердил новые составы гравийно-песчаных смесей для применения на строительстве лесовозных автомобильных дорог. В табл. III.3 приведен зерновой состав оптимальных гравийно-песчаных смесей для необработанных вяжущими оснований и покрытий лесовозных дорог, в табл. III.4 — содержание отдельных фракций в указанных смесях.

Рекомендуется следующая последовательность работ по устройству гравийно-щебеночных дорожных одежд в соответствии с технологическими правилами Гипролестранса [4]: 1) подвозка песка для подстилающего слоя, 2) разравнивание песка по ширине земляного полотна, 3) уплотнение песчаного слоя прицепным виброкатком (например, ДУ-14) или пневмо-

III.3. Зерновой состав оптимальных гравийно-песчаных смесей для необработанных оснований и покрытий

Конструктивный слой	Число частиц, по весу, проходящих через сито с отверстиями, мм										Модуль деформации **, кг/см ² , для II климатической зоны	
												менее 0,05
	120	70	40	20	10	5	2,5	0,63				
Основание	100 *	65—85	45—75	25—60	15—50	10—40	5—30	2—20			0,5	700—900
Покрытие:	смесь № 1	—	100	60—85	35—70	20—60	15—50	10—40			2—7	500—600
	смесь № 2	—	100	80—85	50—75	35—65	25—55	15—45			3—10	450—500

* Допускаются отдельные включения диаметром до 150 мм.

** Большие значения принимаются при максимальном содержании зерен крупнее 2,5 мм и 1—2 классе прочности, меньше— при минимальном и 3—4 классе прочности, промежуточные — по интерполяции.

III.4. Содержание отдельных фракций в песчано-гравийных смесях

Конструктивный слой	Содержание отдельных фракций, %, при размере частиц, мм										сумма	
												менее 0,05 (пыль и глина)
	120—70	70—40	40—20	20—10	10—5	итого гравия	5—2,5	2,5—0,63	0,63—0,05	итого песка		
Основание	35—15	20—10	20—15	10—10	5—10	90—60	5—10	3—10	2—15	10—35	0—5	100—10
	—	40—15	25—15	15—10	5—10	85—50	5—10	5—15	3—18	13—43	2—7	100—100
	—	30—15	20—10	15—10	10—10	75—45	10—10	10—15	7—15	22—45	3—10	100—100

катком, 4) вывозка гравия (щебня) на нижний слой, 5) разравнивание гравия (щебня) в основании, 6) уплотнение основания из гравия (щебня), 7) вывозка гравия (щебня) на верхний слой для устройства покрытия, 8) разравнивание гравия (щебня) при устройстве покрытия, 9) вывозка связующих добавок (по расчету, если это необходимо) — суглинка для гравия, высевок для щебня, 10) перемешивание гравия (щебня) с добавками, 11) разравнивание и профилирование покрытия под шаблон,

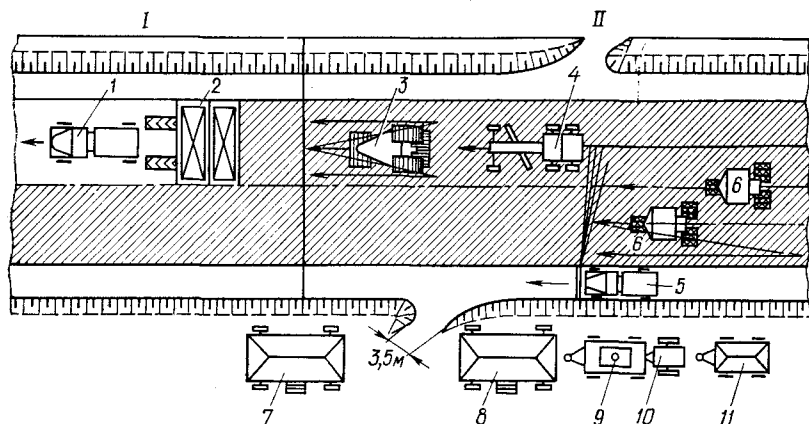


Рис. 35. Технологическая схема устройства однослойного основания на гравийной смеси с использованием самоходного укладчика щебня:

1 — автомобиль-самосвал; 2 — самоходный распределитель щебня; 3 — легкий моторный каток; 4 — автогрейдер среднего или тяжелого типа (позиции 3 и 4 включают при отсутствии самоходного укладчика и разравнивании гравия автогрейдером); 5 — поливочная машина; 6 — тяжелые моторные катки или катки на пневматических шинах (10—15 т); 7, 8 — вагончики для жилья; 9 — душевая; 10 — емкость для воды; 11 — передвижной туалет

12) уплотнение покрытия до требуемой плотности. При гравийном или щебеночном материале, имеющем оптимальный состав, операции 9 и 10 отпадают.

В последнее время разравнивание каменного материала, как правило, выполняют навесными, прицепными или самоходными распределителями. Самоходные распределители обычно имеют и оборудование для предварительного уплотнения, что уменьшает потребность в катках, прицепные распределители требуют для передвижения значительного тягового усилия, а навесные используют для распределения мелкого щебня (не больше 40 мм). Толщина слоя основания при уплотнении катком на пневматиках или тяжелым моторным катком (10—12 т) должна быть не более 25 см. При разравнивании автогрейдером вывезенный и разгруженный в валик материал разравнивают за 9—11 проходов. При высокой квалификации бульдозериста можно распределение щебня производить и бульдозером. При

уплотнении гравийный или щебеночный материал поливают водой до оптимальной влажности (6—12 л/м²). Общее число проходов катков по одному следу 15—25. Первые проходы делают по краям основания, а последующие смещают к середине дороги с перекрытием следа на 30—40 см. Окончательное уплотнение происходит под воздействием автомобилей. Требуемая плотность гравийного покрытия 0,96—0,98 от оптимальной.

Для размещения потока по устройству гравийной или щебеночной дорожной одежды на участке устраивают две сменные захватки (рис. 35): на *I* происходит вывозка и распределение гравийного материала и на *II* — уплотнение гравийного материала катками. Длину захваток назначают в зависимости от сменной выработки по распределению привезенных материалов (150—300 м). При распределении гравийного материала следует учитывать коэффициент уплотнения (1,25—1,30).

На рис. 35 показана укладка щебня самоходным распределителем, что целесообразно при больших объемах работ. При отсутствии распределителя щебень разравнивают автогрейдером. Если строительство дороги ведется вдали от населенных пунктов, вдоль участка строительства устанавливают вагончики для жилья и бытовые помещения.

В последнее время на лесовозных гравийных дорогах стали применять более крутой поперечный уклон поверхности земляного полотна под гравийным слоем или подстилающим песчаным слоем (вместо 15—20‰ 40—50‰). Увеличение уклона поверхности земляного полотна улучшает отвод воды, просачивающейся через дорожную одежду, а также усиливает края дорожной одежды на однослойных дорогах при серповидном профиле. Кроме того, при недостатке гравийного материала несколько изменяют поперечный профиль дорожных одежд, что позволяет снизить его расход на двухпутных дорогах за счет уменьшения слоя на полосе негрузового направления или в центральной полосе проезжей части однопутных дорог (рис. 36).

Устройство щебеночных покрытий по методу заклинки.

В районах, где для устройства слоя покрытия имеются каменные материалы, целесообразно применять щебень, укрепленный в слое по принципу заклинки. Такие покрытия являются более прочными, меньше расстраиваются и особенно эффективны при последующем закреплении жидким битумом (полупропитка). Слои по методу заклинки устраивают из щебня и дробленого гравия, рассортированного по фракциям. Верхнюю часть земляного полотна под щебеночное основание нужно улучшать добавками или устраивать на нем противозаиливающий слой из высевок. Песчаный слой менее пригоден, так как песок проступает через щебень и его основание трудно уплотнить. Целесообразно в нижнем слое устраивать гравийное основание по указанной выше технологии, а верхний слой (покрытие) делать щебеночным по принципу заклинки. В этом случае в связи

с большей стоимостью фракционированного щебня дорожная одежда должна иметь корытный профиль.

Устройство покрытия начинается с вывозки на основание щебня сначала размером 20—40 мм, затем 10—20 мм и 5—10 мм и распределения его навесными распределителями или автогрейдером с последующим разметанием щетками. После подкатки, обжимки и уплотнения слоя легкими катками рассыпают клинец (15—25 мм), который укатывают тяжелыми гладкими металлическими катками за 10 проходов по следу. В этом

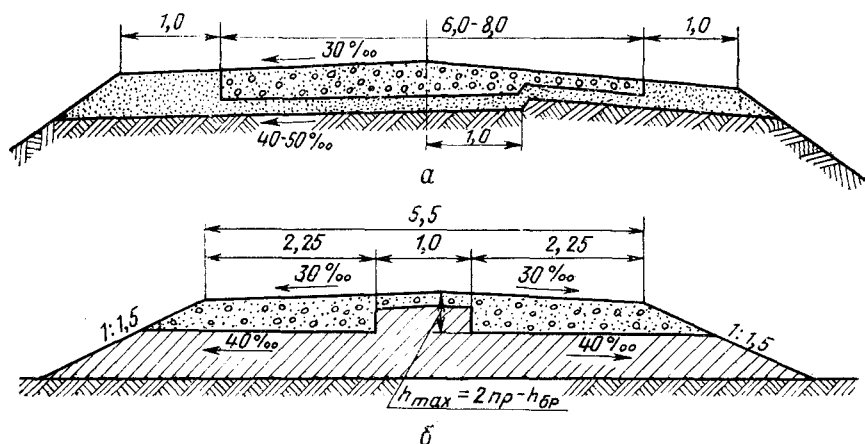


Рис. 36. Приемы уменьшения потребности в гравийном материале:

а — путем уменьшения слоя гравия на полосе негрузового направления; б — путем уменьшения толщины в средней части однопутной дороги

случае отдельные щебенки максимально сближаются друг с другом, а промежутки между ними заклиниваются рассыпанным клинцем. Для уменьшения трения между щебенками и повышения эффективности укатки материал поливают водой. Суммарный расход воды при укатке составляет 20—50 л/м². После укатки клинца на дорогу подвозят и распределяют каменную мелочь (5—15 мм) и снова укатывают тяжелыми катками. Количество клинца и каменной мелочи должно быть 15—20% от расхода крупных фракций. Толщина укатываемого слоя в плотном состоянии не должна превышать 18—20 см. Длину укатываемого участка назначают в соответствии со сменной производительностью звена катков, но не менее 100 м. Как и при устройстве гравийных дорог, технологический процесс устройства щебеночных покрытий разбивается на две захватки (рис. 35): первая для вывозки и распределения щебня, вторая для его уплотнения.

Особенности проведения работ в зимних условиях. Устройство гравийных и щебеночных оснований можно проводить

зимой, если в летнее время была проверена плотность земляного полотна. Уклоны поверхности земляного полотна нужно устраивать до наступления морозов. После наступления устойчивых морозов земляное полотно очищают от снега, затем вывозится материал подстилающего слоя, который разравнивают, профилируют, затем по нему распределяют гравий или щебень. Распределенный гравийный или щебеночный материал необходимо обязательно уплотнить. При снегопаде и оттепелях работы прекращают. В районах с периодическими оттепелями с построенного основания нужно удалять снег. Весной от снега очищают все полотно, обочины, водоотводные канавы и воронки. Когда земляное полотно и подстилающий слой окончательно просохнут, проверяют плотность материала и профилируют поверхность грейдером, а если необходимо досыпают на поверхность щебень и проходами катка дополнительный слой уплотняют и расклиновывают. После трех-пяти проходов катка снова проверяют плотность слоя. Отсутствие на поверхности основания пустот и следов тяжелого катка характеризует конец уплотнения.

§ 4. УСТРОЙСТВО ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ ИЗ ГРУНТОВ И ГРАВИЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ

Органические вяжущие (битумы и дегти) применяют при строительстве дорог с целью укрепления грунтов и использования их в качестве оснований или покрытий. Выполняя роль связующего, эти вещества дают возможность повысить монолитность, прочность и долговечность слоев. Прочность слоев из битумо-минеральных материалов зависит от сил трения между минеральными частицами, сил сцепления, обеспечиваемых свойствами битума, и от прочности каменных частиц, образующих скелет. Скелетные материалы должны обладать достаточной прочностью, морозостойкостью и хорошо обволакиваться органическим вяжущим с образованием прочной и водостойчивой пленки. Степень прилипания (адгезии) к данному материалу предварительно проверяют в лабораторных условиях. Гранулометрический состав минеральных материалов, как правило, должен соответствовать требованиям плотной смеси (см. табл. III.4). Поверхность дорог, устроенных с применением органических вяжущих, становится водонепроницаемой и обеспыленной. Сдвигов минеральных частиц под колесами машины почти не наблюдается.

При выборе способа устройства дорожных одежд следует учитывать требуемую толщину слоя и его прочность, свойства вяжущего, состав минеральных материалов, наличие оборудования и климатические условия. Битум не прилипает к мокрому

материалу, что существенно ограничивает его применение в районах с повышенной влажностью. В этом случае надо использовать битумные эмульсии, которые готовятся из двух не смешивающихся между собой компонентов — битума и воды.

Основной качественной характеристикой битумов является их вязкость. Вязкие нефтяные дорожные битумы БНД имеют марки 200/300, 130/200, 90/130, 60/90 и 40/60. Цифры означают пределы колебаний вязкости битума, измеряемой глубиной проникания иглы специального прибора — пенетрометра. Рабочая температура разжиженного битума БНД 200/300 80—130° С, остальных 140—170° С.

Жидкие нефтяные битумы разделяются на густеющие со средней скоростью СГ и на медленно густеющие МГ. Жидкие битумы марки СГ можно получить путем разжижения вязких марок БНД 40/60—90/130. В качестве разжижителей применяют масло сланцевое (топливное), масло каменноугольное (сорт А), керосин тракторный, лигроин, топливо моторное. Для приготовления битумов марки МГ в качестве разжижителей используют дегти каменноугольные, мазут и сырые нефти. Показатель вязкости у жидких битумов различных марок обозначает количество секунд при вытекании битума из вискозиметра при S_{60} . Рабочая температура для битумов СГ 15/25, СГ 25/40, СГ 40/70, МГ 25/40 и МГ 40/70 составляет 50—70° С, для битумов СГ 70/130 и МГ 70/130 80—90° С, для СГ и МГ 130/200—90—100° С.

Сланцевые битумы имеют шесть марок. Рабочая температура для марки С-1 составляет 15—25° С, для С-2 25—50° С, для С-3, С-4, С-5 50—70° С и для С-6 80—90° С. Каменноугольные дегти, применяемые в качестве органических вяжущих, особенно в районах, где имеются дегтекоксовые установки, имеют семь марок. Рабочие температуры следующие: для Д-1 25—50° С, для Д-2 и Д-3 50—70° С, для Д-4 и Д-5 80—90° С и для Д-6 и Д-7 90—120° С.

Дорожные эмульсии при температуре воздуха свыше 10°, как правило, должны иметь рабочую температуру 30—40°.

Подготовка органического вяжущего. Органические вяжущие доставляют на базы главным образом по железной дороге, реже речным путем или в битумовозах по автомобильным дорогам. Жидкие битумы и разжижители перевозят в цистернах с нижним сливным патрубком диаметром 160 мм и змеевиками для разогрева паром, твердый пек — в крытых вагонах и на платформах, эмульсии — в цистернах или штучной таре, вязкие битумы — по железной дороге в бункерных полувагонах или цистернах-термосах. Цистерны без сливных приборов разливают через горловину.

Во избежание загрязнения и обводнения битумы, густеющие со средней твердостью, и эмульсии хранят в цистернах, резер-

вуарах и баках. Все емкости должны иметь навесы из негорючего материала. Материалы, поступающие в таре, хранят в подвалах, сараях или под навесом. Способы разогрева битума зависят от вида теплоносителя. Основным оборудованием складов являются крытые хранилища битума с нагревательными устройствами. Временно в качестве хранилищ можно использовать железнодорожные цистерны-термосы по договору с управлением дороги. Для забора битума из хранилищ необходимо довести битум до жидкотекучего состояния с помощью паровых змеевиков (регистров), калориферов с циркулирующим горячим маслом, а также электронагревательных элементов. На рис. 37 приведена конструкция заглубленного битумохранилища с агрегатом Д-592, который перемещается по рельсовым путям вдоль хранилища. Все оборудование агрегата смонтировано на самоходном козловом кране. Подвесной разогреватель может опускаться в битум и подниматься. Он состоит из пакета трубчатых регистров (образующих колодец) с площадью нагрева 50 м^2 . Внутри регистров установлен короб с насосом, причем конструкция короба не позволяет неподогретому битуму попасть внутрь к насосу. Нагретый битум поднимается до верха короба, перетекает через край и поступает к всасывающему фильтру насоса, а его нагнетательная труба соединена с отводящим битумопроводом. Кран с вертикально перемещающимся нагревателем обеспечивает разогрев битума в любом месте хранилища. Производительность агрегата при нагреве битума от 10 до 100°С составляет $4,5 \text{ т/ч}$, расход пара — 280 кг/ч . Для перевозки битума на значительные расстояния используют битумовозы, конструкция которых позволяет либо сохранять температуру в цистерне без подогрева или подогревать битум до рабочей температуры, а также перекачивать битум насосом и забирать его из хранилища. Цистерна битумовоза для уменьшения тепловых потерь покрыта теплоизоляционным слоем стекловолокна, оборудована поплавковым указателем уровня битума, термометром, системой его подогрева, битумным насосом и шлангом для слива.

Битумные эмульсии и их приготовление. Эмульсии представляют собой вязущий и пленкообразующий материал в виде однородной маловязкой жидкости темно-коричневого цвета, состоящей из битума (или дегтя) и водного раствора эмульгатора. Они применяются для обработки минеральных материалов при устройстве дорожных одежд, для устройства защитных слоев с шероховатой поверхностью, для ухода за свежеложенным цементогрунтом и цементобетоном, а также для закрепления откосов земляного полотна.

По структуре эмульсии делятся на два типа: прямые и обратные. В первых битум равномерно распределен в воде в виде мельчайших (размером $1\text{—}10 \text{ мк}$) капель, окруженных слоем эмульгатора, во вторых вода равномерно распределена в би-

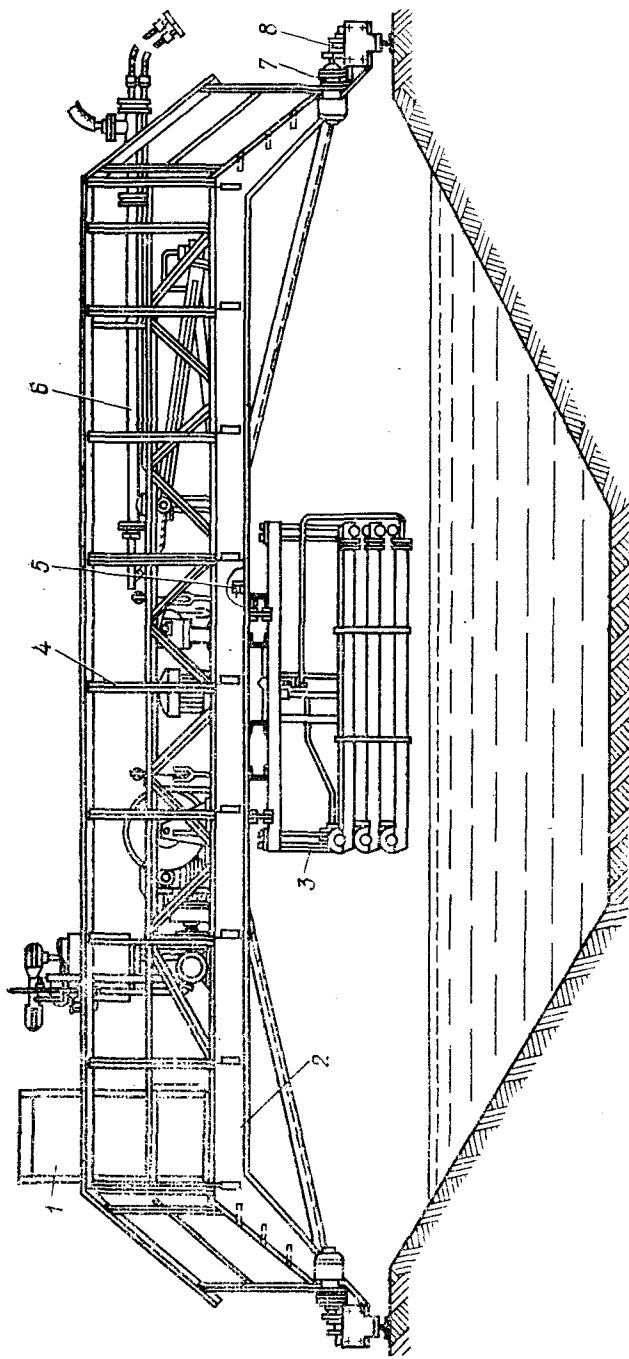


Рис. 37. Битумохранилище с паровым разогревом битума:

1 — пульт управления; 2 — мост; 3 — паровой разогреватель; 4 — перила; 5 — конечный выключатель; 6 — битумопроводы; 7 — мотор-редуктор; 8 — ведущее колесо механизма передвижения моста

туме также в виде мельчайших капель, стабилизированных слоем эмульгатора.

Прямые эмульсии по характеру эмульгатора делятся на три вида: анионные, катионные и пасты. В анионных в качестве эмульгатора используют мыла высокомолекулярных органических кислот, в катионных — органические азотсодержащие соединения, в пастах — минеральные порошкообразные соединения (известь). Различие между анионными и катионными эмульсиями проявляется в характере взаимодействия с обрабатываемыми материалами. Анионные эмульсии активно взаимодействуют с основными минеральными материалами, содержащими СаО, создавая на их поверхности водоустойчивую пленку. С кислыми минеральными породами, содержащими NO₂, анионные эмульсии взаимодействуют слабо, образуя слабоустойчивую пленку. Катионные эмульсии взаимодействуют с основными минеральными материалами и особенно активно с кислыми минеральными материалами, образуя на поверхности зерен любых горных пород прочную и водоустойчивую пленку. Пасты по отношению к любым горным породам малоактивны.

По скорости распада после нанесения на обрабатываемый материал прямые эмульсии делят на три класса: быстрораспадающиеся: анионные БА, катионные БК; среднераспадающиеся: анионные СА, катионные СК; медленнораспадающиеся: анионные МА и катионные МК.

Быстрораспадающиеся эмульсии распадаются при соприкосновении с обрабатываемым материалом (при смешении с цементом скорость распада меньше 5 мин). Они предназначены для покрытия тонким слоем больших открытых поверхностей при их обработке, подгрунтовке, уходе за свежееуложенным цементогрунтом и цементобетоном. Эти эмульсии непригодны для обработки минеральных материалов способом смешения, так как из-за быстрого распада они не успевают обволакивать зерна гравия или щебня и выделяющийся битум образует в смеси отдельные сгустки.

Среднераспадающиеся эмульсии имеют более продолжительный период распада (при смешении с цементом скорость распада 5—10 мин), благодаря чему могут применяться для пропитки щебня. Для обработки мелкозернистых минеральных материалов они непригодны.

Медленнораспадающиеся эмульсии распадаются только после того, как из нанесенной на обрабатываемый материал пленки начнет испаряться вода (при смешении с цементом скорость распада более 10 мин). Их применяют для обработки методом смешения минеральных материалов, содержащих мелкие фракции.

Обратные эмульсии содержат 70—80% битума. По вязкости они подразделяются на жидкие ЭО и вязкие ЭО-В. Вязкость при 60° по вискозиметру для жидких битумов с отвер-

стием 5 мм, т. е. S_{60} , должна быть в пределах 5—35 с для ЭО и 35—100 с для ЭО-В. Эмульсии должны быть однородными, т. е. на стеклянной палочке, погруженной на 1 с в эмульсию, не должно быть заметных на глаз капелек или блесков воды. При смешивании эмульсии с влажным гранитным щебнем, предварительно обработанным известью, вяжущее должно покрывать поверхность щебня сплошной пленкой.

В качестве эмульгаторов для анионных эмульсий используют поверхностно-активные вещества (ПАВ) в виде высших органических кислот (жирные, смоляные, нафтеновые и др.) или их соли (мыла). Количество вводимого в воду эмульгатора составляет от 0,5 до 2% от массы воды в зависимости от вида эмульсии и эмульгатора. Это количество указывается в рецептуре различных эмульсий [36]. В качестве эмульгаторов используют мылонафты, окисленный петролатум, сульфатное мыло, сосновую сырую смолу, газогенераторную древеснопирогенную смолу и пр. Помимо ПАВ в состав эмульгатора для анионных эмульсий вводят щелочные вещества: едкий натр (0,1—0,5%), жидкое стекло и др. Водные растворы эмульгаторов рабочей концентрации при любом способе приготовления должны быть щелочными, т. е. иметь водородный показатель рН в интервале 9—12, если значение рН меньше, в раствор добавляют едкий натр. Для катионных эмульсий в качестве эмульгаторов используют ПАВ в виде аминов, диаминов, полиаминов, а также четвертичные аммониевые соли и, кроме того, вводят соляную кислоту (0,2%). Количество эмульгатора составляет от 0,5 до 2% от массы воды.

Приготовление эмульсий. Приготовлением эмульсий занимаются, как правило, на битумных базах или асфальтобетонных заводах. Процесс приготовления эмульсий заключается в объединении в эмульсионной машине битума и водного раствора эмульгатора, дозируемых в определенных соотношениях [36]. Битум нужно предварительно разогреть до рабочей температуры, соответствующей его марке. Температура водного раствора должна составлять 60—80° С, но сумма двух температур битума и водного раствора не должна превышать 200° С. Температура готовой эмульсии, выходящей из машины, должна быть в пределах 90° С. Эмульсионные машины бывают непрерывного и периодического действия. В качестве машин непрерывного действия используют многодисковый диспергатор (размельчитель) ЭМ-25 с электромотором мощностью 14 кВт. Он имеет значительную производительность — 25 т/ч. В качестве эмульсионных машин периодического действия используют простейшие лопастные мешалки, применяемые для приготовления обратных эмульсий. Одним из простейших и удобных способов приготовления как прямых, так и обратных эмульсий является барботажный способ [28], основанный на применении сжатого воздуха. Подогретый битум (рис. 38) из битумохранилища или

битумовоза подают в котел 4, куда из цистерны 1 через дозатор 3 добавляют эмульгатор в виде кубовых остатков жирных кислот и все перемешивают сжатым воздухом, поступающим от компрессора 6. Перемешивание длится 3—5 мин. Приготовленный в котле 5 водный раствор щелочи NaOH перемешивают с водой сжатым воздухом. Затем битум из котла 4 перекачивают насосом 2 в котел 5, одновременно перемешивая его сжатым воздухом. Время на приготовление эмульсии 20—25 мин. Раствор щелочи должен иметь температуру 60—80° С, а битум (необезвоженный) 90—100° С. Исключительная мобильность и простота позволяют применять эмульсионную установку на

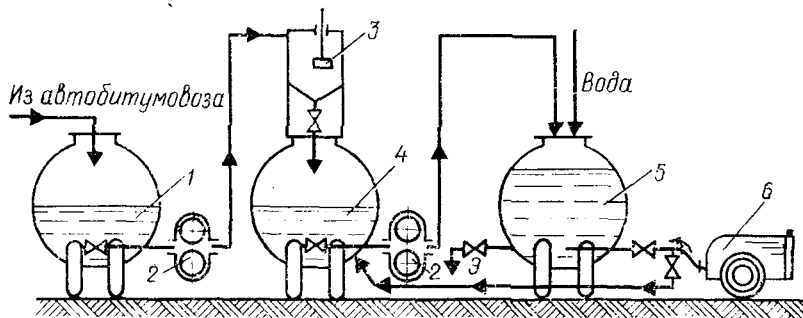


Рис. 38. Барботажный способ приготовления эмульсий

стройках дорог в лесной промышленности. Битумная эмульсия успешно использована при строительстве лесовозных дорог в Коми АССР.

Технология применения органических вяжущих. Различают следующие способы использования органических вяжущих при строительстве лесовозных автомобильных дорог: поверхностную обработку, пропитку и смешение с минеральным материалом на дороге и в установках. В лесной промышленности наибольшее распространение получила поверхностная обработка износостойких покрытий для создания слоя износа и устройство покрытий путем смешения вяжущего с гравийным или щебеночным материалом на дороге.

Для устройства дорожных одежд применяется широкий диапазон марок вяжущих. Рекомендуемые марки в зависимости от вида дорожных одежд и применяемой технологии устройства покрытия или основания приведены в табл. III.5.

Минеральные материалы должны быть сухими и чистыми. На их поверхности не допускается присутствие пыли и грязи. Работы выполняют в сухую теплую погоду при температуре воздуха свыше +10°. При использовании битумных эмульсий работы можно проводить и при влажной поверхности каменных

III.5. Рекомендуемые марки битумов и дегтей при устройстве дорожных одежд

Вид материала и технологии использования вяжущего	Марки органического вяжущего		
	вязких битумов	жидких битумов	дегтей
Чернощебеночное укладываемое в горячем состоянии и асфальтобетонное покрытие Щебеночное с пропиткой	БНД 60/90 90/130 БНД 130/200 90/130		Д-7
Щебеночное гравийное или грунтощебеночное (при смешении на дороге) Грунты, укрепленные смешением на дороге:	—	СГ 40/70 70/130	Д-3, Д-4
а) грейдерами песчаные и супесчаные грунты	—	СГ 70/130 130/200	Д-3, Д-4, С-3, С-4
б) передвижными смесителями песчаные и супесчаные грунты	—	СГ 130/200	Д-4, С-4 Д-3, С-3
грунты суглинистые Поверхностная обработка	БНД 130/200 и 200/300	СГ 70/130 СГ 130/200 СГ 130/200	Д-5, Д-6, Д-7

частиц и при любой положительной температуре. Выполнение работ с применением битумов и дегтей должно заканчиваться не менее чем за 20 дней до начала осенних дождей и периода похолодания. Применение эмульсий позволяет несколько удлинить рабочий период.

Поверхностная обработка заключается в следующем. На подготовленное и очищенное от пыли дорожное покрытие разливают тонким слоем органическое вяжущее, по которому распределяют мелкий щебень или гравий. Поверхностная обработка может быть одиночная (толщиной 1,2—1,5 см), двойная (толщиной 2,5—4,0 см). На поверхности дороги создается ровный водонепроницаемый слой, имеющий хорошую сопротивляемость износу. Шероховатость поверхности обеспечивает достаточный тормозной эффект и в сырую погоду.

Схема слоя износа, устроенная способом поверхностной обработки, показана на рис. 39. Технология устройства одиночной поверхностной обработки состоит из следующих операций: 1) подготовки поверхности покрытия и его очистки от пыли и грязи с промыванием водой и обработкой щетками; 2) предварительного разлива жидкого вяжущего СГ 40/70 (0,5—0,8 л/м²) для слоя контакта; 3) основного разлива вяжущего с расходом битума от 1 до 2,4 л/м²; 4) россыпи в разлитый слой горячего вяжущего износостойчивых минеральных материалов (мелкого щебня, гравия или крупного песка); 5) укатки слоя.

Слой покрытий из укрепленных грунтов очищают от комков и пластов засохшей грязи осторожными проходами легких грейдеров. Металлические щетки следует применять в этом случае очень осторожно, чтобы не повредить верхние слои укрепленного грунта. Особенно тщательной очистки требуют поверхность и швы мостовых. Предварительный разлив следует делать за 1—2 дня до основных работ. При этом жидкие битумы при теплой погоде можно не подогревать. Примерный расход

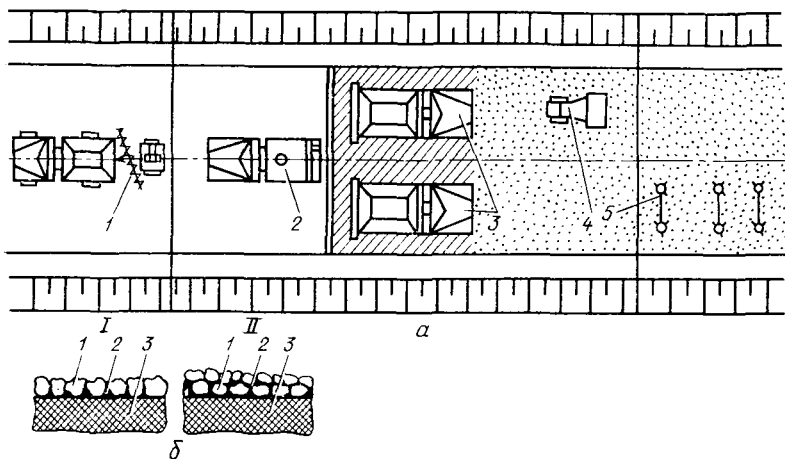


Рис. 39. Схема устройства поверхностной обработки:

а — технологическая схема: 1 — механическая щетка; 2 — автогудронатор; 3 — автосамосвалы с навесными распределителями; 4 — каток; 5 — переносные заграждения; *б* — конструкция защитных слоев одиночной *I* и двойной *II* поверхностной обработки: 1 — минеральный материал; 2 — битум; 3 — покрытие

рассыпаемого минерального материала по слою разлитого битума и рекомендуемые размеры фракций приведены в табл. III.6.

Перед разливом вяжущего автогудронатором его подогревают до рабочей температуры, указанной выше. Через 20—30 мин после разлива слой жидкого битума или дегтя должен быть засыпан минеральным материалом (щебнем, полученным при дроблении твердых пород камня, или гравием и крупным песком). Наибольший размер частиц не должен превышать толщину слоя вяжущего более чем на 5 мм. Если сразу после укатки слоя износа пойдет дождь или наступит похолодание, участок следует закрыть для движения до полного просыхания и последующей укатки. Для лучшего прилипания битума к минеральному материалу следует добавлять 1—3% гашеной извести. Минеральный материал удобно рассыпать при помощи навесных распределителей к самосвалам. Для поверхностной обработки используют катионные эмульсии БК и СК и анионные БА-1 и СА.

Автомобиль с минеральным материалом должен двигаться задним ходом таким образом, чтобы колеса находились на рассыпанном слое каменной мелочи. Сразу после распределения минерального материала приступают к укатке, причем первые проходы катка должны быть сделаны до застывания вяжущего. Обычно используют достаточно тяжелые катки (5—8 т), однако они не должны раздавливать куски минерального материала; для укатки слабых материалов следует применять более легкие катки. Хорошие результаты получаются при работе катков на пневматиках (любого веса). Окончательная укатка и формиро-

III.6. Расход вяжущих и минеральных материалов при устройстве поверхностной обработки

Вид поверхностной обработки	Рекомендуемые фракции для россыпи, мм	Примерный расход щебня, м ³ /100 м ²	Расход битума или дегтя, л/м ²
Предварительный разлив	—	—	0,5—0,8
Поверхностная обработка: одиночная толщиной, см:			
0,5	2,5	0,65	0,7—0,8
1,0	10—15	1,55	1,2—1,3
1,5	15—20	2,55	1,6—1,8
2,0	15—25	2,70	2,1—2,4
двойная толщиной, см:			
1,5	10—25	2,3—2,7	1,7—1,9
2,0	15—25	2,5—3,0	2,3—2,6

вание слоя поверхностной обработки происходят под воздействием движущихся машин примерно в течение месяца. При двойной поверхностной обработке после укатки первого слоя все остальные операции повторяются.

Для устройства покрытий с пропиткой органическими вяжущими щебеночного или гравийного слоя верхние слои из каменных материалов пропитывают жидким вяжущим на 4—6 см при облегченной пропитке и на 8—9 см при полной пропитке. Под слоем, подвергающимся пропитке, должно быть достаточно прочное и плотное основание, чтобы вяжущее не попадало в него. Покрытия с пропиткой делают корытного профиля. На толщину устраиваемого слоя отсыпают грунтовые валики (с последующей присыпкой обочин) или укладывают на ребро доски, затем рассыпают щебень или гравий, причем размер наибольших фракций не должен превышать 0,7—0,8 толщины слоя пропитки. Рассыпанный и выровненный слой укатывают сначала легкими, затем тяжелыми катками (шесть-восемь проходов по одному месту). При этом слой не должен быть переуплотнен. Для разлива

применяют вязкие битумы с рабочими температурами их разогрева. Расход вяжущего составляет 1,0—1,4 л/м² на 1 см толщины слоя, т. е. при облегченной пропитке 4,0—7,5 л/м². Вяжущее должно быть разогрето на битумной базе, а затем во время перевозки в имеющих термоизоляцию гудронаторах их температура поддерживается на необходимом уровне форсунками подогрева. При разливе скорость автогудронаторов должна быть 5—7 км/ч. Битумные эмульсии СА, СК, МА-1 разливают без подогрева. При использовании эмульсии марки СА температура воздуха должна быть не менее 15° С, а марки МА-1 сухая погода и температура не менее 20° С. При катионных эмульсиях требования к температуре уменьшаются, но она должна быть не меньше 5—7° С.

После разлива вяжущего, которое заполняет промежутки между каменными частицами, по поверхности покрытий рассыпают мелкий каменный материал размером 10—20 мм, который предназначен для заполнения крупных пор и усиления расклинки каменных частиц. Расход этого материала примерно 1 м³ на 100 м² поверхности. Затем покрытие укатывают тяжелым катком (пять-семь проходов по одному следу). В особо пористых местах при укатке дополнительно рассыпают мелкий щебень. По поверхности укрепленного пропиткой слоя рекомендуется устраивать слой износа в виде поверхностной обработки. Покрытия, устроенные по методу пропитки, выдерживают интенсивное автомобильное движение (до 500 машин в сутки) без расстройств.

Устройство покрытия из гравийного материала и щебня смешением с органическим вяжущим на дороге (рис. 40) позволяет создавать прочную долговечную дорожную одежду с широким применением местных материалов. Наиболее часто этот способ используют при гравийном материале и смешении местных грунтов и местных материалов пониженной прочности (дресвы, ракушки, гравийно-песчаных смесей и др.) с битумом (дегтем) или битумными эмульсиями. Лучшим материалом при устройстве покрытий, конечно, являются гравийные или щебеночные смеси оптимального состава.

Необходимо отметить, что частицы размером больше 25 мм для гравия и 40 мм для щебня применять нельзя, так как крупные фракции легко выбиваются колесами автомобилей из покрытия, что вызывает появление выбоин.

Толщина слоя покрытия, устраиваемого способом смешения, 5—6 см, реже 8 см. Ниже такого слоя достаточно иметь основание из гравия, не обработанного вяжущим, или из укрепленного грунта. Профиль покрытия можно устраивать серповидным (при небольшой ширине дорог) и корытным. Валик из каменного материала перед разливом битума (дегтя, эмульсии) разравнивают на ширину, меньшую ширины будущего покры-

тия на 0,5 м, или на ширину машин, которыми будет производиться перемешивание. Вяжущее на гравийный (щебеночный) материал разливают в несколько приемов. Перед разливом следует сделать один проход дисковыми боронами или зубьями рухлителя для образования на поверхности слоя ряда параллельных борозд, предохраняющих битум от стекания в сторону, к обочинам.

Для увеличения прилипания битума к каменному материалу к нему добавляют древесный или торфяной деготь (10—15%

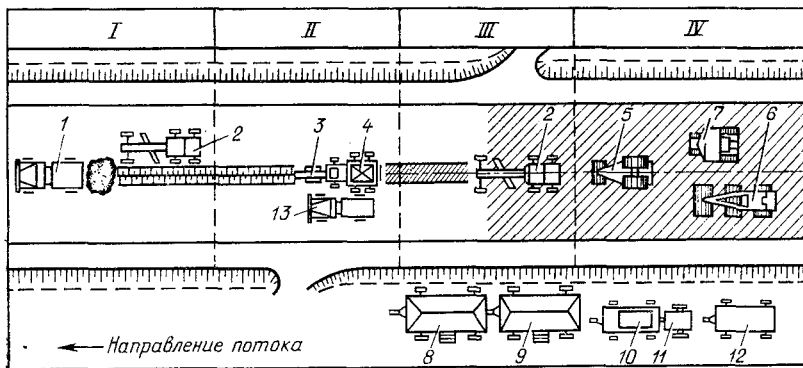


Рис. 40. Технологическая схема устройства черных гравийных покрытий и оснований способом смешения на дороге передвижным смесителем Д-370:

I — доставка материала на дорогу и укладка его в вал; *II* — перемешивание материала с битумом; *III* — разравнивание и планировка материала; *IV* — уплотнение; 1 — автомобиль-самосвал; 2 — автогрейдер; 3 — погрузчик-тягач Д-415; 4 — передвижной смеситель Д-370; 5 — каток с гладкими вальцами массой 6—8 т; 6 — каток с гладкими вальцами массой 12—15 т; 7 — самоходный каток на пневматических шинах; 8 — вагончик для ИТР и кладовая для инструмента; 9 — вагончик для рабочих; 10 — вагончик-душевая; 11 — емкость для воды; 12 — передвижной туалет; 13 — автобитумовоз ДС-41А (Д-642)

веса битума), в этом случае количество битума соответственно уменьшают. Деготь выливают на гравийный материал до разлива битумов. Средняя норма расхода битума составляет 4—6% веса минерального материала, т. е. 4—6 л/м² покрытия толщиной 4—6 см. Битум разливают за 3—4 раза с нормой разлива от 1 до 2,5 л/м² за 1 раз, причем при последнем разливе не более 1,5 л/м². Ширина разлива должна быть на 10—15 см меньше ширины подготовленного слоя.

При использовании для смешения с минеральным материалом битумных эмульсий марок МА-1, МА-2, СА или пасты желателен перед обработкой вводить в минеральный материал 1—2% извести (пушонки). Количество эмульсии (в пересчете на битум) 4,5—6%. После разлива всего битума (дегтя) смесь окончательно перемешивают автогрейдером. Для этого смесь многократно переваливают с одной стороны дороги на другую, затем собирают в валик с последующим разравниванием. Если

в период смешения начнется дождь, смесь собирают в валик и дальнейшее перемешивание прекращают. После перерыва смесь нужно просушить, последовательно разравнивая и собирая в валик. Для окончательного смешивания при обычной ширине дорог достаточно сделать 8—10 проходов грейдером вместе с профилированием смеси. При использовании эмульсий число проходов сокращается в 1,5 раза. Нож грейдера при смешивании устанавливают под углом 35—45° к оси дороги, он должен захватывать обрабатываемый слой на всю глубину. Всю работу по смешению следует закончить в течение 1—2 дней. Длина участка, на котором производится смешение, 500—800 м (чем устойчивее погода, тем длиннее участок). Хорошая смесь имеет однородную окраску, а при использовании битумов темно-коричневый цвет (с дегтем почти черный). Смесь не должна иметь сгустков вяжущего. При сжатии в комок рукой она должна сохранять форму только до первого прикосновения. Если при сжатии рукой комков не получается, значит в смеси не хватает вяжущего.

Для укатки лучше использовать катки на пневматических колесах, поверхность гладких металлических катков во избежание прилипания надо смазывать соляровым маслом с водой. Укатку начинают с обочин, делая четыре-пять проходов катка по одному следу, затем открывают движение, под воздействием которого слой окончательно уплотняется.

Устройство слоев из грунтобитума применяют главным образом для оснований, но при незначительной интенсивности движения грунтобитум используют и в качестве покрытия с обязательным устройством слоя износа.

Технология устройства слоев из грунтобитума почти аналогична технологии устройства покрытий методом смешения органического вяжущего с гравием или щебнем на дороге. Отличие состоит в том, что вместо гравия или щебня используют местный грунт. Наиболее пригодны для укрепления супесчаные грунты, оптимальные грунтовые смеси, пылеватые грунты и легкие суглинки. В III—V климатических зонах можно использовать и тяжелые суглинки с числом пластичности до 17, предварительно улучшенных добавками песка. Покрытия из грунтобитума выдерживают значительную интенсивность движения и достаточно долговечны.

Для смешения с грунтом вяжущие нагревают до рабочей температуры, соответствующей указанным маркам. Количество вяжущего устанавливают на основании лабораторных испытаний образцов грунта. Обычно для супесей с числом пластичности 3—7 требуется битума 5—8% (дегтя 6—9%), для суглинков с числом пластичности 7—12 битума 6—12% (дегтя 7—14%) массы обрабатываемой части грунта. При использовании суглинков к грунтам следует добавлять 2—3% извести. Эмульсии применяют марок МА-1 и МА-2.

При устройстве покрытия методом смешения местного грунта с битумом или дегтем наилучшее перемешивание с вяжущим достигается при использовании однопроходной грунто-смесительной машины или дорожной фрезы ДС-18. Можно использовать также фрезу ДС-74 на базовом колесном тракторе Т-158. Ее рабочий орган состоит из ротора диаметром 900 мм, обрабатывающего полосу шириной 2400 мм; глубина обработки 250 мм. Рабочая скорость передвижения 0,11—0,96 км/ч. Управление рабочими органами осуществляется гидросистемой из кабины водителя. Для перемешивания можно также применять дисковые бороны, грейдеры и болотные фрезы. При использовании для смешения одного только грейдера требуется очень большое число проходов. Технология устройства покрытия следующая.

1. Земляное полотно профилируют, если необходимо, увлажняют, и рыхлят грунт на глубину обработки. Если грунт земляного полотна непригоден для укрепления органическими вяжущими, используют грунт из ближайших карьеров. При определении объема грунта следует учитывать коэффициент уплотнения укрепляемого слоя (1,4—1,7). Привезенные добавки перемешивают с грунтом земляного полотна за два-три прохода фрезы по одной полосе.

2. За два-три прохода по одному следу фрезой рыхлят и измельчают грунт в слое до 18—20 см. На супесчаных грунтах скорость движения фрезы должна быть 0,25—0,30 км/ч, на суглинистых 0,10—0,15 км/ч. После измельчения грунта в него, если необходимо, вводят известь или раствор хлористого кальция.

3. При помощи дозировочно-распределительной системы дорожная фреза ДС-18 распределяет органическое вяжущее. При этом вся норма вяжущего вводится за один проход фрезы по полосе обработки. Перемешивание вяжущего с грунтом достигается за два-три прохода по одному следу со скоростью 0,3—0,5 км/ч. Если для перемешивания применяют фрезы без распределительного устройства (ДС-74), дисковые бороны или автогрейдер, то вяжущее разливают в несколько приемов с нормой разлива за один прием не более 3—3,5 л/м². После каждого разлива вяжущего смесь перемешивают за один-два прохода по одному следу или за четыре-шесть проходов автогрейдера. Достаточно перемешанная смесь должна иметь равномерный цвет (коричневый), хорошо спрессовываться в комок в руке и не пачкать рук. Вяжущее с грунтом нужно смешивать при температуре +15° С и выше.

4. После окончательного перемешивания смеси профилируют дорожную одежду и укатывают слой грунтобитума. Если смешение с битумной эмульсией производилось при высокой влажности грунта, то предварительно смесь проходами фрезы или других орудий просушивается до оптимальной влажности.

при которой должно происходить уплотнение смеси. Грунтобитум укатывают катками на пневматических колесах, но для их тяги должны применяться колесные тягачи, а не гусеничные тракторы. Могут быть использованы и самоходные металлические гладкие катки. Достаточное уплотнение смеси достигается за 10—12 проходов катка по одному следу. Укатка должна начинаться с обочин. Окончательное уплотнение и формирование покрытия происходят под воздействием движения машин в течение 10—15 дней при хорошей погоде. Толщина покрытий или оснований из грунтобитума устанавливается расчетом. При общей толщине свыше 18—20 см покрытие делают двухслойным, однако в этом случае целесообразнее слой толщиной 18—20 см делать из грунтобитума, а сверху устраивать тонкий слой из другого материала, более прочного и стойкого по износу при воздействии автомобилей.

При корытном профиле поочередно устраивают слой за слоем. Нижний слой можно делать из взрыхленного грунта земляного полотна, а верхний — из привозного. Аналогичная технология применяется и при укреплении грунтов сырой маловязкой нефтью [44]. Для этого используют нефти месторождений Западной Сибири, в которых содержание смолисто-асфальтовых веществ не менее 6%. Оптимальная дозировка нефти составляет 0,25—0,30 предела текучести грунта, а при применении нефти вместе с активными добавками — 0,20—0,25 предела текучести. В качестве активных добавок применяют известь гидратную (пушонка), молотую негашеную или цемент марки 400—500. Для супесей и легких суглинков извести требуется 2—3%, цемента 3—4%, для суглинков и глин извести 3—4% и цемента 4—5%. Наиболее пригодными для укрепления являются супеси и легкие суглинки с числом пластичности 3—12.

Слои из грунтонефтяного материала должны быть не толще 18—20 см и укатываться катками на пневматиках. Добавки, вводимые в грунт, равномерно распределяют по поверхности, а затем тщательно перемешивают с грунтом. В данном случае размельчение грунта совмещается с вводом добавок. После ввода активизирующих добавок нельзя грунт сразу смешивать с нефтью: минимальный срок 12—16 ч, максимальный между этими операциями — 2 суток.

Дороги с покрытиями и основаниями из грунта, укрепленного битумом, построены во многих лесозаготовительных предприятиях в Архангельской области и Коми АССР. В последнее время битум для укрепления дорожных грунтов выделяют только для крупных дорожных строек и используют главным образом для изготовления асфальтобетона. Поэтому строительным организациям и лесозаготовительным предприятиям необходимо изыскивать местные вяжущие материалы, главным образом среди отходов промышленных предприятий. К настоя-

щему времени накоплен положительный опыт применения следующих вяжущих материалов для укрепления грунтов.

Сульфитно-спиртовая барда (ССБ) применяется для укрепления пылеватых глинистых грунтов с числом пластичности от 3 до 17 и содержанием гумуса до 10%. Для укрепления грунтов применяют жидкий концентрат ССБ (КБЖ — концентрат бардяной жидкий) с содержанием сухого остатка 50%. При укреплении суглинистых грунтов влажностью свыше 15% можно использовать сухой концентрат КБП, который рассыпается по поверхности укрепляемого участка, а потом перемешивается с грунтом. Для получения водонерастворимого соединения необходимо ССБ применять с хромовыми отвердителями, которые вводят в грунт в виде растворов. При укреплении суглинков дозировка КБЖ составляет 3—4% массы грунта и 0,6—1% хромового ангидрида или калиевого хромпика. Если в качестве отвердителя используют натриевый хромпик в количестве 1—1,25%, то КБЖ требуется 4—5%. КБЖ является дешевым материалом, и если есть возможность иметь хромовые отвердители, применение этого способа укрепления грунтов целесообразно. Грунт, укрепленный ССБ, при быстром высыхании может растрескиваться, поэтому слой укрепленного грунта 8—10 суток нужно предохранять от испарения, покрывая тонким слоем песка или опилок и поливая водой. Укатка укрепленного грунта может производиться с перерывами и повторяться в течение первой недели.

Фосфатными вяжущими — фосфорной кислотой, фосфорной мукой, фосфогипсом, целесообразно укреплять бескарбонатные тяжелые супеси, суглинки и глины с числом пластичности от 5 до 27, имеющие кислую реакцию водной вытяжки. Хорошие показатели дает укрепление грунта неочищенной фосфорной кислотой — промежуточным продуктом при изготовлении суперфосфата (концентрация 34%). Дозировка кислоты в пересчете на 100% H_3PO_4 составляет 3—4%. При укреплении пылеватых грунтов с содержанием активной для реагентов глинистой фракции меньше 10% целесообразно использовать 1—3% хлорного железа. Перед укреплением жидким фосфатным вяжущим необходимо предварительно определить влажность грунта и проследить за тем, чтобы общее содержание всей жидкой фазы, т. е. H_3PO_4 +вода, обеспечивало оптимальную влажность грунта (с отклонением не более 1—2%). Раствор фосфорной кислоты разливают по поверхности размельченного грунта за один или несколько приемов так, чтобы за один разлив на грунт попадало не более 4—5 л на 1 м². После каждого разлива раствора слой перемешивают дорожной фрезой (один проход), грейдером, дисковыми боронами или другими орудиями (два-три прохода). Затем грунтокислотную смесь укатывают и поверх слоя укрепленного фосфатами грунта обязательно устраивают слой износа. Уплотнение

слоя следует производить (можно с перерывами) все более тяжелыми катками до тех пор, пока не будет достигнута оптимальная плотность необработанного грунта. Уплотнение можно прекратить в том случае, если влажность смеси уменьшится до значений 0,6—0,7 W_0 , так как в этом случае укрепляемый слой становится хрупким. После смеси кислоты с грунтом нельзя допускать излишнего высыхания и растрескивания грунтокислотного слоя. Опыт МЛТИ показал, что технология укрепления суглинистых грунтов фосфорной кислотой проста и вполне доступна для применения в условиях лесозаготовительных предприятий.

Кроме указанных выше вяжущих, разработана технология укрепления грунтов древесной смолой и древесносмоляным пекком (ЛТА), фурфуроланилином (МЛТИ) и другими материалами.

§ 5. УСТРОЙСТВО ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ ИЗ ГРУНТОВ И ГРАВИЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ, УКРЕПЛЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫМИ ВЯЖУЩИМИ

Минеральные вяжущие материалы. Основными минеральными вяжущими являются цемент и известь. Кроме того, в последнее время все шире стали применять доменные гранулированные шлаки и золы уноса.

Цементы. Для строительства дорожных одежд используются портландцементы марок 300, 400, 500 и 600, в том числе пластифицированный и гидрофобный, а также шлакопортландцемент, отвечающий требованиям ГОСТ 10178—62. Основные требования к цементу: начало схватывания не ранее 2 ч, конец не позже 12 ч; тонкость помола — не менее 90% должно проходить через сито, имеющее не менее 4900 отв/см². Для удлинения сроков схватывания в цементно-минеральные смеси можно вводить сульфитно-дрожжевую бражку в количестве 0,25% массы цемента, предварительно растворив ее в воде.

Известью называется вяжущее, полученное путем обжига известняка или других горных пород, содержащих углекислый кальций (CaCO_3). Известь в виде кусков называется негашеной, или кипелкой. При обработке водой получается гашеная известь, пушонка в виде тонкого порошка. Марка извести по прочности должна быть не ниже 25 кг/см². Практически пушонку следует применять не позже, чем через месяц после гашения. Грунт, укрепленный известью, недостаточно морозостойкий, поэтому дорожные одежды из извести-грунта следует применять в южных районах (III, IV и V дорожно-климатических зонах). Показатели извести должны соответствовать требованиям ГОСТ 9179—70 «Известь строительная».

Доменные гранулированные шлаки являются медленно твердеющим вяжущим материалом, активность и ско-

рость твердения которого может быть повышена небольшими добавками активаторов: 1—3% извести или 1—5% цемента. Активность доменного гранулированного шлака должна соответствовать требованиям ГОСТ 3344—73. Шлак не должен содержать зерен крупнее 5 мм более 10%, в том числе каменных кусков, не подвергшихся грануляции, должно быть не более 5%. Предел прочности образцов при сжатии через 28 дней для малоактивного до 28 кгс/см², для активного 25—50 и для высокоактивного больше 50 кгс/см².

Технология применения минеральных вяжущих для укрепления гравийных и щебеночных смесей. Применение битума

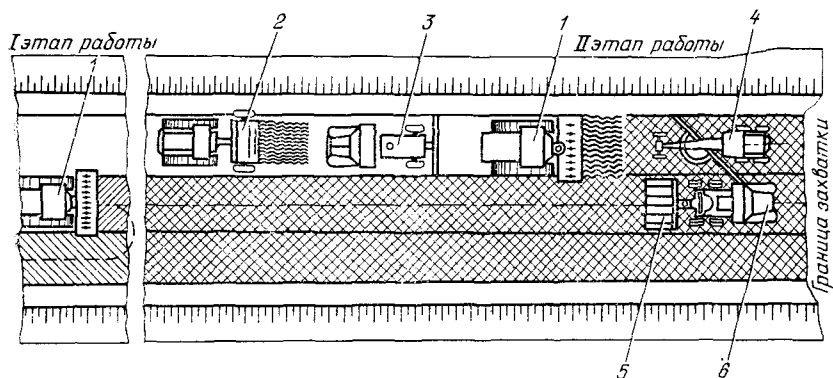


Рис. 41. Технологическая схема работ при укреплении гравия (щебня) цементом с помощью дорожной фрезы ДС-18:

1 — дорожная фреза; 2 — распределитель цемента; 3 — автоцистерна с водой; 4 — автогрейдер; 5 — каток на пневмошинах; 6 — автотягач

в качестве вяжущего материала дает очень хорошие результаты, но организация битумного хозяйства является довольно сложной для лесозаготовительных предприятий. В этом отношении применение в качестве вяжущего цемента и извести удобнее. Технологическая последовательность при устройстве покрытия из гравия или щебня, укрепленных цементом, следующая (рис. 41):

- 1) вывозка гравия или щебня на дорогу самосвалами и распределение материалов автогрейдером на ширину обработки;
- 2) дозировка и распределение цемента специальным распределителем цемента или туковой сеялкой;
- 3) перемешивание цемента с гравийным или щебеночным материалом дорожными фрезами или дисковыми боронами;
- 4) увлажнение смеси до оптимальной влажности и ее перемешивание, что выполняется поливочными машинами и фрезами;
- 5) профилирование смеси автогрейдером;

6) уплотнение смеси самоходным пневмошинным катком или моторными катками (сначала легким, затем тяжелым); скорость движения катков при первых проходах не более 1,5—2 км/ч, а затем постепенно повышается;

7) устройство поверхностной обработки (см. выше).

При наличии в притрассовых карьерах гравийных смесей оптимального состава цементно-гравийная смесь готовится в специальных установках, что обеспечивает более точную дозировку вяжущего, лучшее перемешивание, больший выбор гравийных смесей, уменьшение зависимости от природных условий. Выпускаемые мобильные смесительные установки высокой

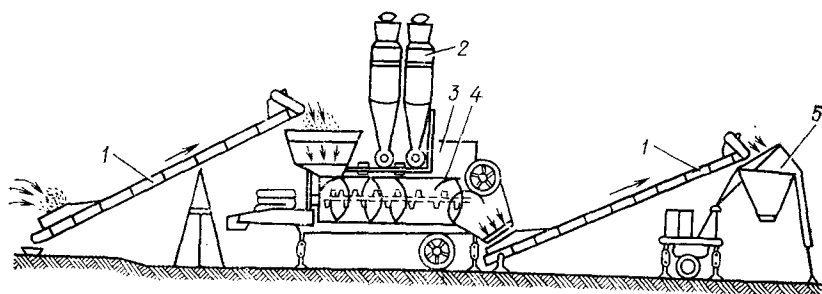


Рис. 42. Схема смесительной установки ДС-50 (Д-709):

1 — транспортеры; 2 — емкости и дозаторы активных добавок; 3 — пульт управления; 4 — смеситель; 5 — накопительный бункер

производительности обеспечивают смешение цемента с гравием. Такой установкой является агрегат ДС-50 (Д-709) (рис. 42), в котором имеются два дозатора для сыпучих и жидких вяжущих. Эта установка быстро демонтируется (1—2 смены) и перевозится. Ее можно применять для получения гравийно-щебеночных смесей, а также для укрепления грунтов.

Укрепление грунтов минеральными вяжущими. Дорожные одежды из грунтов, укрепленных минеральными вяжущими, имеют относительно небольшую стоимость. Наибольшее распространение получило укрепление грунтов портландцементом.

Цементом и известью можно укреплять песчаные, супесчаные и суглинистые грунты с щелочной и нейтральной ($pH > 7$) реакцией водной вытяжки, имеющие число пластичности не более 17 и влажность границы текучести не более 45. Гумусные горизонты почв укреплять цементом нельзя, а чисто песчаные грунты можно, но с добавками в грунт суглинка. При укреплении чистых песков известью не получается водоустойчивый материал. Укрепление глинистых грунтов хотя и возможно, но очень затруднено, так как не обеспечиваются хорошее измельчение грунта и равномерное перемешивание цемента или из-

III.7. Ориентировочные дозировки цемента и активных добавок для укрепления грунтов

Грунт	Дозировки цемента и добавок, % массы грунта										Оптимальная влажность смеси, %	
	Портландцемент марки 400 без добавок	портландцемент с добавками						сернистый окислы	сернистый окислы	сернистый окислы		жидкое стекло (40%-ный раствор)
		портландцемент марки 400	известь	хлористый кальций	каустическая сода	натрий сернистый	сернистый окислы					
<p>Крупнообломочные грунты, грунтогравийные и грунтощебеночные смеси, близкие к оптимальному составу</p> <p>Пески разнообразного состава и супеси с числом пластичности менее 3</p> <p>Супеси с числом пластичности от 3 до 7</p> <p>Легкие суглинки с числом пластичности от 7 до 12</p> <p>Супеси пылеватые и суглинки легкие пылеватые с числом пластичности от 3 до 12</p> <p>Суглинки тяжелые с числом пластичности от 12 до 17</p> <p>Суглинки тяжелые пылеватые с числом пластичности от 12 до 17</p>	4—6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5—10
	7—9	0,5—1	—	—	0,25—0,5	0,5—1	—	—	—	—	—	10—15
	8—10	6—10	1—1,5	—	0,5—1	0,5—1,5	0,5—1	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	1—2	11—16
	9—11	7—11	1—2	0,1	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	1—3	14—18
	10—13	8—13	1,5—2	0,1	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5	—	13—20
	11—13	9—13	1—3	0,1	1—1,5	1—1,5	1—1,5	1—1,5	1—1,5	1—1,5	2—3	18—21
	12—15	10—15	1—3	0,1	1—1,5	1—1,5	1—2	1—1,5	1—1,5	1—1,5	—	18—23

вести с грунтом. Кроме того, на глинистых грунтах значительно повышается расход цемента (в 1,5—1,7 раза).

Наименьший расход вяжущего обеспечивается при предварительном создании оптимальной грунтовой смеси. При укреплении грунтов цементом рекомендуется вместе с водой вводить хлористый кальций (0,5—1% массы смеси), который повышает морозостойкость материала. Если гравийные карьеры удалены или этих материалов недостаточно, следует применять комбинированные дорожные одежды с основанием из грунтоцемента и относительно тонким слоем покрытия из гравийных материалов. При неблагоприятных грунтовых условиях, а также для повышения прочности и погодоустойчивости все большее распространение получают комплексные методы укрепления грунтов. Основным вяжущим при этом является цемент, наряду с ним используют добавки химических поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые влияют на условия твердения и структурообразования грунтоцемента. В этом случае снижается также расход цемента. Рекомендуемые дозировки цемента и активных добавок приводятся в табл. III.7 [31].

Сыпучие добавки (известь, гипс) вводят в грунт за 1—2 дня до внесения цемента. Влажность смеси должна составлять 0,4—0,6 влажности предела текучести. Водорастворимые добавки вносят в грунт в виде водных растворов при увлажнении грунтоцементной смеси. Концентрация растворов зависит от величины требуемой оптимальной (см. табл. III.6) и фактической влажности смеси на дороге.

При обработке грунтов минеральными вяжущими необходимо быстро перемешать размельченный грунт с вяжущим и водой и до начала схватывания цемента спланировать и уплотнить грунтоцемент, а затем организовать за ним уход. Основные технологические операции целесообразнее выполнять грунтосмесительными машинами ДС-16Б (Д-391Б) и Д-370, несколько продолжительнее этот процесс осуществляется дорожными фрезами ДС-18 и ДС-74. При устройстве грунтоцементных покрытий для повышения качества работ и прочности материала смесь целесообразно готовить в грунтовом карьере, используя грунтосмесители ДС-50 (см. рис. 42).

Самоходная грунтосмесительная машина ДС-16Б (рис. 43) имеет по два фрезерных ротора для разрыхления и размельчения грунта и два ротора для перемешивания грунта с цементом и водой. Перед первым ротором расположен бункер для цемента, снизу которого размещены дозатор и труба с соплами для равномерного распределения воды (или битума). За один проход машина разрыхляет и измельчает грунт, а также перемешивает его с цементом и водой. Шесть задних колес на пневмошинах создают предварительное уплотнение грунтоцемента. Ширина обрабатываемой полосы 2,4 м. В зависимости от вида и плотности грунта машина передвигается с различными рабо-

чими скоростями — от 0,1 до 0,7 км/ч. Смежные полосы должны перекрываться на 10—15 см. Глубина обработки от 8 до 25 см, производительность при легких супесчаных грунтах 250—300 м/смену, при тяжелых 200—250 м/смену.

Цемент подвозится цементовозом, который толкает грунто-смесительная машина впереди себя. Цемент подается в бункер смесителя по шлангу. Вода предварительно закачивается в расходный бак машины, а затем через дозировочно-распределительную систему поступает в грунт. При применении грунто-смесительной машины верхнюю часть земляного полотна уплотняют несколько слабее, чем остальную насыпь (до коэф-

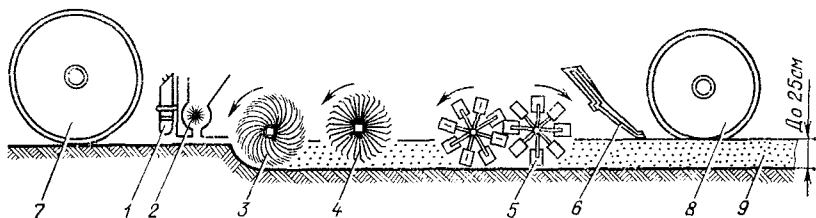


Рис. 43. Рабочие органы грунто-смесительной машины ДС-16Б (Д-319Б):

1 — распределительная труба для битума или воды; 2 — распределительная труба для цемента; 3 — рыхлительный ротор; 4 — фрезерный ротор; 5 — смесительные роторы; 6 — задняя планирующая стенка кожуха; 7 — передние ведущие колеса; 8 — задние ведомые колеса; 9 — грунт, обработанный цементом или битумом

фициента уплотнения 0,85—0,90). Построенный грунтоцементный слой планируют автогрейдером и дополнительно уплотняют самоходными или прицепными катками на пневматических шинах. Тягачами прицепных катков должны быть колесные, а не гусеничные тракторы. Обычно требуется 15—20 проходов по одному следу. Уплотнение должно быть закончено не позднее чем через 5—7 ч после увлажнения цемента. При сухой погоде по грунтоцементу дополнительно разливают воду (2—3 л/м²).

Дорожная фреза ДС-18 является навесным агрегатом на тракторе Т-100ГП, снабженным ходоуменьшителем, позволяющим осуществлять ему поступательное движение со скоростью 0,1—0,9 км/ч. Ширина и глубина обрабатываемой полосы такие же, как у машины ДС-16Б. Дорожная фреза этого типа имеет также битумный насос для дозировки битума, воды или водных растворов.

Рассмотрим технологию устройства грунтоцемента при корытном поперечном профиле. Земляное полотно уплотняют и планируют, вырезают в нем автогрейдером корыто, уплотняют его дно и перемещают грунт с обочин в корыто. Затем грунт доводят до оптимальной влажности, размельчают на установленную проектом глубину обработки одним-двумя проходами

фрезы по одному участку. Рыхлением обеспечивают такое размельчение, когда содержание комков размером свыше 5 мм не будет превышать 10% обрабатываемого грунта. Тонкость измельчения грунта зависит от поступательной скорости фрезы: 0,1—0,2 км/ч для тяжелых суглинков, 0,2—0,3 км/ч — для легких, 0,3—0,6 км/ч — для супесей. В жаркую погоду суглинистые грунты необходимо увлажнять за 6—12 ч до начала работ.

Для распределения вяжущего следует использовать специальные прицепные распределители цемента. Автоцементовозы подают цемент по шлангу в аэрированном состоянии в бункер распределителя. Производительность цементораспределителя за смену до 120 т. Поверхность измельченного грунта должна быть ровной, сошники должны заглубляться в грунт на 5—7 см. При отсутствии распределителя цемент подают на грунт непосредственно из цементовоза. Во время перемешивания цемента с грунтом необходимо дополнительно увлажнять смесь, используя дозировочно-распределительную систему дорожных фрез, или автополивщик, или любую цистерну с водой. При наличии двух фрез первая фреза вслед за цементораспределителем перемешивает сухую смесь, а вторая увлажняет ее до оптимальной влажности и перемешивает.

Расход воды для перемешивания составляет 100—150 т на 1 км. Увлажнение и перемешивание грунтоцементной смеси нужно проводить в течение 2—3 ч. Добавление к воде 0,5—1% к весу грунта хлористого кальция, сернокислого натрия или жидкого стекла ускоряет твердение, повышает морозостойкость и уменьшает испарение влаги. В связи с тем, что дорожные фрезы лучше перемешивают смесь в продольном направлении, чем в поперечном, перемешанную за один-два прохода фрезой смесь следует дополнительно перемешать в поперечном направлении четырьмя-шестью проходами автогрейdera.

Перемешанную и увлажненную смесь планируют и придают ей профиль автогрейдером. Не позднее, чем за 4 ч смесь укатывают самоходными или прицепными катками на пневматиках массой 15—25 т, затем приступают к уходу за грунтоцементным покрытием. После его устройства нельзя сразу открывать движение, так как прочность покрытия бывает недостаточной. Для обеспечения нормальных условий твердения и гидратации цемента и для предупреждения слоя от высыхания необходим поверхностный разлив пленкообразующих материалов: помарола ПМ-86, битумной эмульсии марки БА-2 или СА или лака этиноль из расчета 0,8—1,2 л/м². При отсутствии пленкообразующих веществ рассыпают песок (или опилки) слоем 4—5 см и систематически поддерживают его во влажном состоянии 12—15 дней.

§ 6. УСТРОЙСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД КОЛЕЙНОГО ТИПА

Колейные покрытия лесовозных автомобильных дорог бывают двух видов:

из отдельных железобетонных элементов — дорожные плиты сборной и сборно-разборной конструкции;

древесные с покрытием из дренирующего грунта и без него как сборной, так и сборно-разборной конструкции.

Покрытия из железобетонных плит рекомендуется применять для лесовозных дорог с грузооборотом от 200 до

III.8. Основные технические данные железобетонных дорожных плит

Плита	Основные размеры плит, мм					Справочная масса, т	Вид арматуры
	длина			ширина	высота		
	расчетная	длинной стороны	короткой стороны				
Плиты для покрытий постоянных дорог							
ПДН6	6000	6000	6000	1000	120	1,6	Напрягаемая
ПДТН6	6000	6030	5970	1000	120	1,6	То же
ПДН6	6000	6000	6000	1000	140	1,85	»
ПДЗ	3000	3000	3000	1000	140	0,90	Обычная (ненапрягаемая)
ПДТЗ	3000	3015	2985	1000	140	0,90	То же
Плиты для покрытий постоянных и временных дорог							
ПДВЗ	3000	3000	3000	1000	180	1,25	Ненапрягаемая
ПДТВЗ	3000	3015	2985	1000	180	1,25	То же

Примечание. Отклонения от проектных размеров не должны превышать по длине ± 8 мм, по ширине ± 5 мм, по высоте ± 5 мм и по толщине защитного слоя ± 5 мм. Объем пустот должен быть не более 25% общего объема.

1000 тыс.м³ при отсутствии в районе строительства местных гравийных или щебеночных материалов, а также в качестве инвентарных переносных плит на ветках со сроком действия до 5 лет. На лесовозных дорогах применяют прямоугольные плиты ПДН из напряженного железобетона и трапециевидные плиты ПДТН, плиты ПД и ПДТ из обычного железобетона. У плит, предназначенных для временных дорог, в марке добавлена буква В. Цифра рядом с маркой показывает длину плит. В 1977 г. ЦНИИМЭ разработал проект нового ГОСТа на дорожные плиты. Основные данные плит приведены в табл. III.8.

В первое время выпускались плиты решетчатого типа, современные плиты имеют на нижней поверхности ряд овальных углублений — кессонов или ячеек и называются ячеистыми. Верхняя поверхность плит гладкая. Ячейки улучшают связь плиты с основанием и сокращают потребность в бетоне. Расход

бетона на 1 м² покрытия составляет 0,11—0,12 м³, стали 10—11 кг. Плиты с напряженной арматурой имеют лучшие показатели, затраты бетона в них сокращаются на 14—15%, арматуры до 20%. Железобетонные покрытия из плит строят в соответствии с типовыми поперечными профилями, приведен-

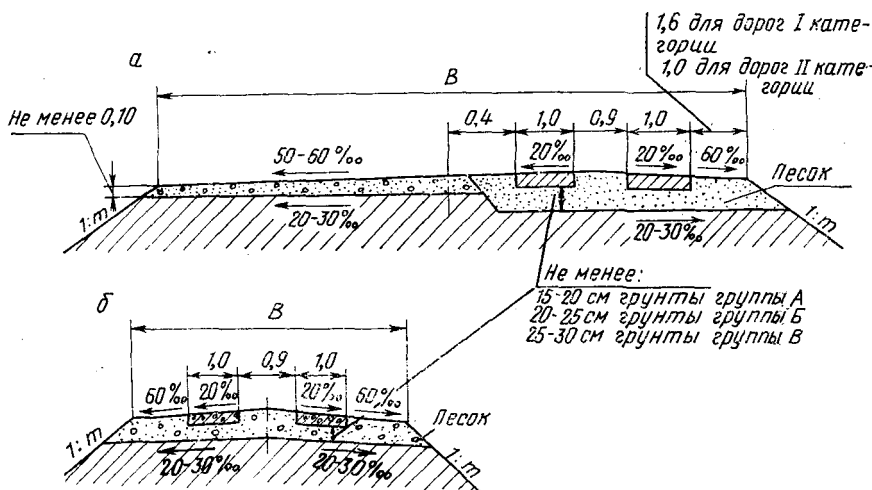


Рис. 44. Дорожные одежды колеяного типа с покрытием из железобетонных плит:

а — покрытие на дорогах с двухполосным движением; б — покрытия на дорогах с однополосным движением (магистраль и ветки)

ными на рис. 44. Под плитами устраивают подстилающий дренарующий слой из песчано-гравийной смеси толщиной, см:

для насыпи из мелких песков и легких супесей	15—20
для насыпей из пылеватых супесей и пылеватых песков	20—25
для насыпей из легких и тяжелых суглинков и пылеватых грунтов	25—30
в нулевых местах и выемках для первых двух случаев	25—30
то же для третьего случая	30—35

На магистрали и ветках межколейное пространство и обочины заполняют дренающим грунтом в уровень с верхней поверхностью плит. Верх рабочей поверхности обоих колесопроводов на прямых участках должен быть в одном уровне, отклонения по высоте допускаются не более 3—5 см, между колесопроводами допускаются отклонения по ширине +5 и -3 см. На кривых при радиусах менее 100 м плиты должны сопрягаться продольными трапецидальными или поперечными плитами-вкладышами. При перевозке надо обязательно укладывать между плитами деревянные прокладки, предохраняющие их от смещения, трещин и отколов. При подъеме и перегрузке

плит краном плиты нужно захватывать за монтажные петли. Погрузку и разгрузку можно производить и пакетами, но в пакете должно быть не более четырех плит длиной 3 м и двух плит длиной 6 м.

Технология устройства дорожной одежды из железобетонных плит следующая:

1. На земляное полотно отсыпают песчаный дренирующий слой, для уплотнения которого используют виброкатки или катки на пневматиках. Для более удобного разворота катков на однополосной дороге надо назначать для укатки длинные участки со съездами. Восстановив на песчаном слое ось дороги,

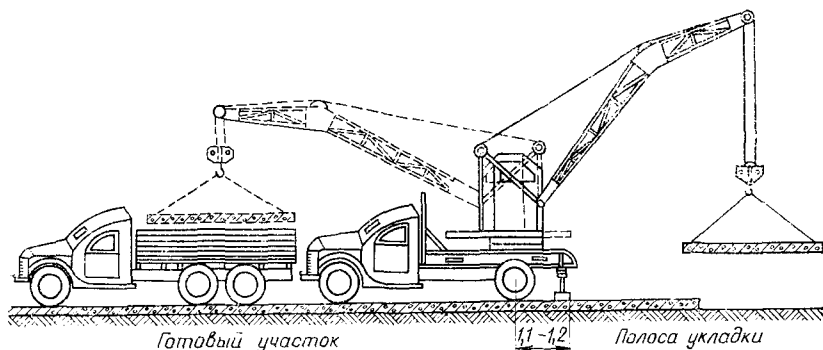


Рис. 45. Укладка железобетонных плит автокранами

намечают расстояние до наружной кромки плит, положение которой закрепляют кольшками (через 20 м), и перед укладкой плит между ними натягивают шнур. Положение второго колесопротока устанавливают по шаблону.

Для укладки плит используют краны или специальный плитоукладчик ДУП-2М. На прямых участках плиты укладывают с зазором 1,0—1,5 см. На однополосной дороге автомобили с плитами разворачиваются на ближайшем разъезде и подходят к автокрану задним ходом (рис. 45), на двухполосной дороге они подходят по порожняковому пути и останавливаются параллельно автокрану. С одной стоянки кран укладывает четыре плиты. На укладке плит, кроме крановщиков, занято трое рабочих: двое укладывают плиты, а третий, передвигаясь за автокраном, соединяет плиты в стыках, забивая в них деревянные антисептированные бруски сечением 5×5 см из хвойной древесины. Число машин должно быть таким, чтобы обеспечить непрерывную работу укладочного крана.

При работе плитоукладчика (рис. 46), который подъезжает к месту укладки и останавливается, рабочие открывают стойки прицепа, опускают передний упор и начинают укладку плит.

Водитель, включив двигатель нажатием кнопки, подает захваты к плитам. Рабочие зацепляют захватами две плиты и переходят к месту укладки. Водитель подает захваты с плитами вперед и опускает на основание. Рабочие встречают плиты, направляют их и точно укладывают на основание. Бригада состоит из 3 человек. Во время остановки для укладки или снятия очередной пары плит укладчик обязательно ставят на ручной тормоз. На уклонах круче 30% укладка ведется без применения прицепа. По окончании укладки очередной партии

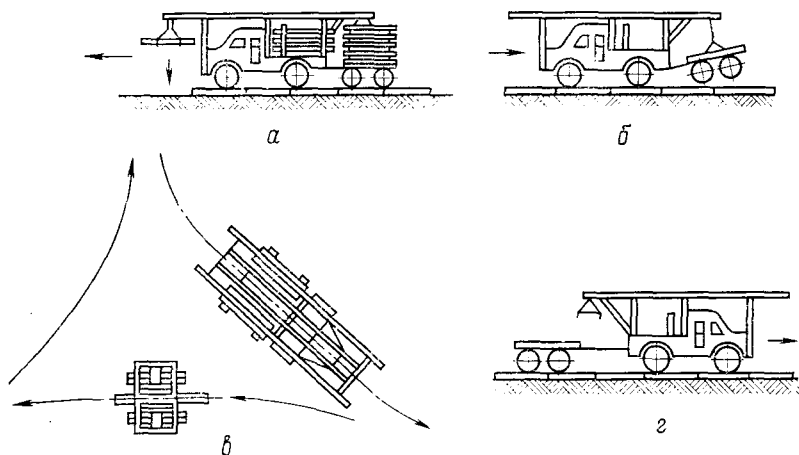


Рис. 46. Схема укладки kolejного покрытия плитоукладчиком с прицепом: *а* — подход груженого плитоукладчика с прицепом к месту укладки и укладка плит; *б* — подвешивание прицепа и осаживание плитоукладчика назад до разъезда; *в* — разворот плитоукладчика и перецепка прицепа на разъезде; *г* — движение порожнего плитоукладчика за следующей партией плит

плит укладчик разворачивается. Один укладчик с прицепом при перевозке плит на 10 — 15 км может сделать три рейса, т. е. уложить около 100 м покрытия.

После укладки плит полосу для порожнякового движения, межколейное пространство и обочину засыпают дренирующим материалом, планируют грейдером и уплотняют катками на пневматиках.

Плиты из силикатного бетона. Для сокращения расхода цемента на строительство лесовозных дорог в ЦНИИМЭ, МЛТИ и Марийском политехническом институте (МПИ) изучили вопрос о возможности изготовления дорожных плит из других материалов, в частности из асфальтобетона и силикатных материалов. В силикатном бетоне в качестве вяжущего вместо цемента используют тонкомолотую известково-песчаную смесь, а заполнителем, как правило, является природный песок. В Марийском политехническом институте А. Д. Грязиным разрабо-

тана технология изготовления достаточно прочного силикатобетона с подбором зернового состава смеси, водовяжущего отношения и способа уплотнения. При испытаниях такой материал показал достаточную морозостойкость и сопротивляемость истиранию (примерно одинаковую с цементным бетоном). Плиты из силикатного бетона уложены на лесовозных дорогах Пелесского и Чернореченского леспромхозов в Кировской области [33].

Устройство деревянно-лежневых покрытий. Деревянно-лежневые покрытия имеют много недостатков — большой расход древесины и значительные трудовые затраты на ремонт и содержание. Однако в ряде случаев без них невозможно обойтись в связи с отсутствием других материалов. Кроме того, по ним возможно круглогодичное движение без перерывов во время распутицы. Нормы проектирования предусматривают постройку деревогрунтовых покрытий в виде двух колесопроводов из хлыстов и бревен, уложенных на поперечины длиной 3,5 м и засыпанных слоем грунта толщиной 10—15 см. На магистралях деревянное покрытие укладывают на предварительно отсыпанное и укатанное земляное полотно. При строительстве ветоки и усов деревянное покрытие можно укладывать непосредственно на поверхность земли без снятия растительного слоя.

При большом объеме работ по строительству лежневого покрытия целесообразно устраивать специальный стройдвор для заготовки элементов деревянного покрытия (брусьев для колесопроводов, которые здесь же собирают в щиты длиной от 4,0 до 6,5 м, а затем на автомобилях доставляют к месту укладки). Стройдвор оборудуют шпалорезным и электросверлильным станками, электродолбежниками, электропилами или бензопилами и др. Антисептирование древесины, хотя бы с использованием водорастворимых антисептиков в виде паст, может значительно продлить срок службы деревянного покрытия.

После возведения земляного полотна на него укладывают шпалы — деревянные пластины или лежни — через 0,85—1,0 м друг от друга. В месте стыкования щитов кладут сдвоенные шпалы желательного увеличенного диаметра. Подвозимые щиты укладывают кранами так же, как и железобетонные плиты на колеиных дорогах. При небольшом объеме работ и отсутствии стройдвора колесопроводы собирают на месте из древесины, заготовленной при прорубке просеки. Крепление лежней со шпалами можно выполнять различными способами — деревянными нагелями, заершенными костылями, клиновым соединением, металлическими скобами. В большинстве случаев применение металлических прикрепителей приводит к порче шин лесовозных автомобилей. Наиболее удачным является крепление лежней деревянными квадратными нагелями, забиваемыми в круглое отверстие, а при применении щитов — крепление лежней

в шите стяжными болтами. При сборке конструкции необходимо делать некоторую пригонку и простейшие врубки.

На увлажненных и заболоченных местах верхнее строение лежневых дорог укладывают на продольные лаги: на крайних нитках их стыкуют в полдерева, а на средних укладывают так, чтобы одна заходила за другую на 30—40 см. Поверхность болот перед укладкой лаг необходимо выстлать связанным в пучки хворостом или фашинами. Выстилка фашинами или пучками увеличивает площадь передачи давления на поверхность болота.

На разъездах автолежневую дорогу устраивают в виде сплошного деревянного продольного настила. Длина разъезда 60 м, ширина (общая) 5,5 м. Работы по устройству разъездов наиболее трудно механизировать даже при использовании заранее заготовленных щитов. По данным Гипролестранса, на строительство 1 км деревянно-лежневого покрытия уходит от 300 до 360 м³ древесины. Для засыпки такого покрытия требуется 1300—1400 м³ дренирующего грунта. Засыпка деревянно-лежневого покрытия должна производиться по возможности супесями, близкими по составу к оптимальным грунтовым смесям. Не рекомендуется применять песчаные грунты с числом пластичности меньше 3 и суглинки с числом пластичности свыше 12. Недренирующие грунты с числом пластичности больше 12 можно использовать только в смеси с крупнозернистыми до- бавками.

Последовательность устройства деревянно-земляного покрытия зависит от почвенно-грунтовых условий и категории пути и состоит из выстилки хвороста на заболоченных участках; подтаскивания трактором деревянных поперечных и продольных лаг; пригонки и укладки продольных и поперечных лаг, раскладки и выравнивания шпал; укладки щитов или устройства сборных колесопроводов из отдельных брусьев или пластин; прочного укрепления элементов верхнего строения; засыпки подвижным дренирующим грунтом. При поточной организации постройки значительной по протяжению деревянно-лежневой дороги шаг потока определяется производительностью шпалорезной установки. При односменной работе темп ежедневной укладки достигает 150—180 м.

§ 7. ОТДЕЛОЧНЫЕ РАБОТЫ И ОБСТАНОВКА ДОРОГИ

Перед сдачей дороги в эксплуатацию проводятся отделочные работы и устройство обстановки дороги.

Отделочные работы заключаются в полной уборке остатков строительных материалов с дорожной полосы, отделке откосов насыпей и выемок, планировании дна резервов и устройстве уклона дна во внешнюю сторону для отвода воды от дороги, планировании обочин и оформлении бровки земляного полотна,

покраске надолб и перил мостов. Обустройство обстановки дороги включает установку дорожных знаков, надолб, размещенные установленных запасов дорожно-строительных материалов, устройство переездов. Эти работы выполняет специализированная бригада. Столбы и щиты дорожных знаков, надолбы, снеговые щиты и детали железнодорожных переездов изготовляют на стройдворе. Столбы для знаков должны быть длиной 3,2 м (надземная часть 2,2 м) из строительного леса диаметром 16—18 см. Закапываемую часть столбов покрывают антисептиком или обжигают, надземную — окрашивают. Щитки изготов-

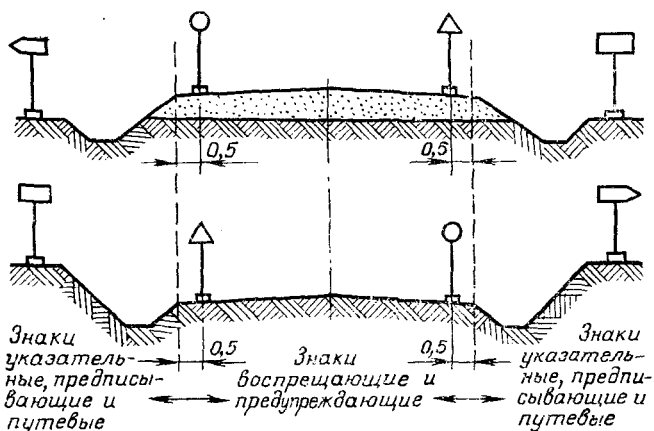


Рис. 47. Схема расстановки дорожных знаков

ляют из листового железа толщиной 1,5—2,0 мм и окрашивают в соответствии с ГОСТом. Схема расстановки дорожных знаков показана на рис. 47. Их устанавливают с правой стороны дороги по направлению движения. Как правило, их следует располагать на специальных присыпных бермах за пределами обочин. Крайние выступающие части должны быть не ближе 1,75 м от кромки проезжей части. При вывозке хлыстов это расстояние увеличивается на величину уширения, соответствующего радиусу кривой. Дорожные знаки устанавливают по согласованию с органами ГАИ. Деревянные надолбы изготовляют длиной 1,8—2,0 м (надземная часть 1 м). Их ставят при высоте насыпи свыше 2 м через 50 м друг от друга, а при наличии кривых радиусом 60—400 м на расстоянии 10 м друг от друга на внешней стороне кривых. Элементы железнодорожных переездов и шлагбаумов и снеговые щиты изготовляют по типовым проектам.

Глава IV. ЗИМНИЕ ДОРОГИ

§ 1. СНЕГ И ЛЕД КАК СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основными строительными материалами при постройке зимних дорог, кроме замерзшего грунта, являются снег и лед.

Снег состоит из смеси кристалликов льда, воды, водяных паров и воздуха. Наибольшая толщина снежного покрова бывает в лесозаготовительных районах северного и среднего Урала (до 90 см), в Западной Сибири, Обь-Енисейском районе, а также в Приморском крае, низовьях Амура и некоторых районах Сахалина и Камчатки.

Основными физико-механическими показателями снега, характеризующими его строительные качества, являются плотность, твердость и температура.

Плотность снега является одним из главных факторов, определяющих его несущую способность. Его измеряют как отношение объема полученной из снега воды к взятому объему снега. Для этого используют специальные плотномеры или цилиндрические дюралюминиевые стаканчики и весы. По величине плотности (г/см^3) снег делится:

на очень рыхлый (свежевыпавший) и рыхлый	0,01—0,25
средней плотности	0,26—0,35
на плотный	0,36—0,50
на очень плотный	$> 0,50$

При плотности свыше $0,7 \text{ г/см}^3$ снег переходит в стадию льда. Снег плотностью не менее $0,5 \text{ г/см}^3$ пригоден для постройки снежных дорог и может служить основанием для ледяных. Для эксплуатации большегрузных автомобилей снежное покрытие необходимо доводить до плотности $0,55$. Плотность снега накатанной колеи достигает $0,60$. Плотность снега в нижних слоях выше, чем в верхних.

Плотность снега можно увеличивать путем обработки различными механизмами. При переменном уплотнении и перемешивании плотность снега увеличивается.

Твердость снега является также одним из показателей, характеризующих его несущую способность. Она определяется способностью снега сопротивляться проникновению твердого тела (штампа) и измеряется величиной усилия, необходимого для вдавливания штампа определенной формы. В уплотненном твердом покрытии твердость достигает 10 МПа . Эксплуатационным требованиям удовлетворяют снежноуплотненные дорожные одежды с твердостью $1,2—1,5 \text{ МПа}$. Твердость снега возрастает с понижением температуры.

Лед представляет собой воду в твердом кристаллическом состоянии. Кристаллы имеют переходную форму от грубозернистой до средне- и мелкозернистой. Лед имеет равномернозерни-

стые структуры с кристаллами одинаковой величины. Между кристалликами имеются включения воздуха, от количества которых зависят прочностные характеристики льда. К основным показателям льда, характеризующим его строительные свойства, относятся плотность, пористость, упругость и прочность.

Плотность чистого пресного льда составляет $0,917 \text{ г/см}^3$ при $T=0^\circ \text{C}$ и $0,937$ при $T=-25^\circ \text{C}$.

Пористость представляет собой отношение общего объема пузырьков и полостей к объему чистого (без пузырьков) льда, выраженное в процентах. При пористости 2% плотность $0,9 \text{ г/см}^3$, при 35% — $0,6$, при 56% — $0,4$ и при пористости 78% плотность $0,2 \text{ г/см}^3$.

Прочность льда характеризует его сопротивление внешним нагрузкам. Основным показателем прочности льда является модуль упругости E , который колеблется в широких пределах в зависимости от температуры и структуры льда: для кристаллического прозрачного льда при низких температурах $5,5 \cdot 10^3 \text{ МПа}$; для прозрачного льда при снежном покрове при температуре от -5 до -20 $E = (3-4) \cdot 10^3 \text{ МПа}$; для ослабленного весеннего льда при температуре близкой к нулевой $E = 10^3 \text{ МПа}$. Разрушающее напряжение на растяжение $0,5-2,0 \text{ МПа}$ и на изгиб от $0,5$ до $4,5 \text{ МПа}$.

В зависимости от плотности и степени оледенения различают покрытия снежные с плотностью $0,50-0,55$, снежно-ледяные с плотностью $0,57-0,64$ и ледяные с плотностью, превышающей $0,64-0,68 \text{ г/см}^3$.

§ 2. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ЗИМНИХ ДОРОГ

В настоящее время наибольшее распространение получили зимние автомобильные дороги бесколейного типа: снежные, снежно-ледяные и ледяные. Прочность дорожных одежд зимних дорог должна соответствовать интенсивности и типу автопоездов, ровность — условиям движения с высокими скоростями, а шероховатость обеспечивать достаточно хорошее сцепление колес с покрытием.

Дорожные одежды зимних путей имеют существенные особенности. Земляное полотно, как правило, не относится к дорожной одежде, а на зимних дорогах верхний замороженный слой грунта по существу является элементом дорожной одежды, представляя собой слой основания, а расположенный над ним слой из снега, снегольда или льда представляет собой покрытие, непосредственно воспринимающее давление от колес подвижного состава и подвергающееся воздействию переменных температурных условий.

Успешную работу всей дорожной конструкции зимних дорог определяет прочность и устойчивость основания из мерзлого грунта. В климатических районах с малоснежной, но морозной

и продолжительной зимой мерзлые грунты используют непосредственно как покрытие зимней дороги. Движение производится по выровненной, промерзшей грунтовой поверхности. Однако при повышении температуры, особенно с началом весны, такое покрытие быстро размягчается, возникают большие пластические деформации и зимняя дорога становится непроезжей. Такое же воздействие на незакрытый сверху снегом или льдом грунт оказывают частые или длительные оттепели. Поэтому прочность всей дорожной одежды зимних дорог, с одной стороны, зависит от прочности слоя основания, т. е. от замерзшего слоя земляного полотна, с другой, от надежности и длительности предохранения этого слоя от внешних температурных воздействий. Если грунты земляного полотна плохо проморожены, то какое бы толстое снежно-ледяное или ледяное покрытие поверх них ни создавалось, прочность такой дороги обеспечена не будет. В связи с этим нет необходимости наращивать большую толщину верхнего слоя — снежного или ледяного, основная задача — обеспечить достаточно высокую прочность подстилающего земляного полотна. Верхний же слой должен обеспечить термоизоляцию подстилающих грунтов.

Стоимость содержания зимних дорог пропорциональна толщине верхнего слоя и его излишняя толщина приводит к неоправданным расходам. Минимальная толщина слоя мерзлого грунта приближенно может быть определена по формуле

$$h = \frac{P_{\text{ср}} D}{4\sigma_{\text{доп}}},$$

где $P_{\text{ср}}$ — среднее давление колеса на поверхность дороги, МПа;

D — диаметр круга равновеликого площади контакта шины, м;

$\sigma_{\text{доп}}$ — допускаемое напряжение на срез сезонномерзлого грунта (1—2 МПа).

Если разделить полученную толщину на величину среднесуточной промерзаемости грунтов, можно получить число дней, в течение которых грунт достигнет достаточного промерзания.

Покрытия в виде уплотненного слоя снега (рис. 48, а) могут применяться только при отсутствии оттепелей зимой. Толщина уплотняемых слоев может быть от 8 до 15 см.

По нормам проектирования дорог [40] толщина уплотненного слоя не должна превышать 12—14 см.

Снежно-ледяные покрытия состоят из снегольда, образующегося в результате интенсивной проминки заболоченных участков осенью и систематических поливок дороги зимой. Их устраивают непосредственно на промерзшем слое земляного полотна и на хорошо промерзших болотах. Такие дорожные одежды выдерживают только небольшие оттепели (до 3 дней).

При частых оттепелях необходимо устраивать ледяные покрытия толщиной, обеспечивающей температурную изоляцию промерзшего слоя грунта. Такие покрытия получают при поливке водой снежного слоя. Расход воды до 140 л на 1 м³ снежного слоя. В данном случае расход воды меньше, чем на ледяных дорогах, в связи с частичным таянием снега. Такие покрытия можно создавать также при подогреве снега тепловым агрегатом.

Ледяные покрытия (рис. 48, б) являются наиболее прочными и устойчивыми. Они создаются при поливке земляного по-

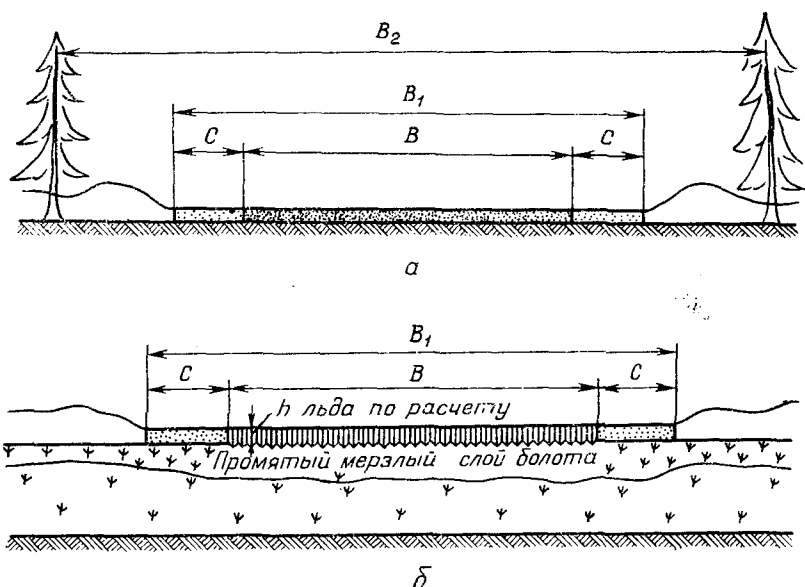


Рис. 48. Покрытия из снежнуплотненного слоя и льда:
а — из уплотненного снега; б — из льда

лотна водой или при обильной поливке водой (180 л/м³) снежнуплотненного слоя, а также при интенсивном воздействии на снег тепловым агрегатом. В связи с все более широким применением большегрузных лесовозных автопоездов применение ледяных покрытий расширяется. Оптимальная толщина ледяных покрытий 25—30 см.

Преимущества снежно-ледяных и ледяных дорог по сравнению со снежными следующие:

меньшие затраты труда при высоких технико-экономических показателях;

высокая прочность и однородность покрытия, что позволяет значительно увеличить среднетехнические скорости движения

лесовозных автопоездов и их грузоподъемность, а следовательно, повысить производительность труда на вывозке;

увеличение срока службы на 1,5—2 недели по сравнению со снежными дорогами, что позволяет дополнительно вывезти до 8—12% объема зимней вывозки;

высокая устойчивость льда при оттепелях и весной, что создает благоприятные условия для ритмичной работы автотранспорта и на 15—20% сокращает эксплуатационные расходы;

меньшая потребность в запасных частях и горюче-смазочных материалах.

Успешная работа снежно-ледяных и ледяных дорог обеспечивается хорошей подготовкой основания, тщательным его промораживанием, правильной организацией работ по поливке и наращиванию снежно-ледяного покрытия, усилению и термоизоляции быстропротаивающих участков, тщательным наблюдением за дорогой и ее правильной эксплуатацией зимой.

§ 3. СТРОИТЕЛЬСТВО ЗИМНИХ ДОРОГ

Зимние дороги строят, как правило, сами лесозаготовительные организации. Основные требования к трассам зимних дорог следующие. Руководящий подъем не должен превышать 30‰, в более трудных условиях допускается 40‰ при равнинном или слабо пересеченном рельефе и 60‰ при холмистом рельефе. Проезжая часть дорог должна быть горизонтальной, магистрали и основные ветки зимних дорог — двухполосными: одна полоса для грузового, вторая — для обратного движения. В разных просеках грузовое и порожнее движение устраивается при расположении грузовой дороги с внутренней стороны кривых при вывозке хлыстов или в тех случаях, когда прокладкой дороги в разных просеках достигается значительное сокращение длины порожнякового пути или объема земляных работ.

Земляные работы должны составлять минимальный объем. Ширина земляного полотна принимается в насыпях 5 м и выемках 6 м. Как правило, земляное полотно должно устраиваться с нулевыми отметками, за исключением снегозаносимых участков, на которых полотно должно устраиваться в незаносимых снегом насыпях. На порожняковых полосах допускается срезка пней заподлицо с землей только на ширину земляного полотна с необходимой планировкой. Корчевка пней на грузовых полосах магистрали и веток зимних дорог производится под насыпями высотой менее 0,5 м. При высоте насыпи от 0,5 до 1 м пни срезаются заподлицо с землей, при высоте более 1 м допускается оставлять пни высотой до 0,2 м. На хорошо промерзших сырых и заболоченных грунтах со слоем торфа до 1 м для ускорения промерзания необходима проминка дороги тракторами, а на болотах глубиной более 1 м основание дорог нужно усилить укладкой поперечных бревен длиной 5—6 м, толщиной

10—14 см через 0,4—0,7 м друг от друга (прошпаливание). На глубоких медленно промерзающих болотах устраивают сплошные настилы из древесины. Ширина просеки на магистральных двухполосных участках составляет 14 м, на ветках 9—10 и на усах 6—8 м. На кривых просеку следует уширять при радиусе $R=200$ м на 3 м, при $R=150$ м на 3,5 м и при $R=100$ м на 4,5 м. На кривых магистрального пути не следует применять радиусы меньше 100 м. При строительстве снежно-ледяных и ледяных дорог требуется большое количество воды. Общее количество воды (м^3), расходуемой для поливки 1 км дороги за весь зимний сезон, равно:

$$Q = \frac{bh(\gamma_1 - \gamma_2) 1000}{1,09},$$

- где b — полная ширина обледеняемой части дороги, м;
 h — средняя толщина нарастающего за сезон слоя льда, м;
 γ_1 — требуемая средняя плотность льда на проезжей части дороги, $\text{т}/\text{м}^3$;
 γ_2 — средняя плотность снега на дороге перед началом поливки, $\text{т}/\text{м}^3$;
 1,09 — коэффициент увеличения объема воды при замерзании.

В соответствии с определенной потребностью воды устанавливают необходимую мощность источников водоснабжения, при этом исходя из предшествующего опыта учитывают количество снега, которое может быть использовано для устройства покрытия. Использование выпадающего на дорогу и предварительно уплотняемого снега снижает потребность в воде на 15—20%. В северных районах европейской части СССР расход воды на 1 км обледеняемой дороги составляет 500—1000 м^3 [17].

Наиболее экономичными являются естественные водоемы, но в ряде случаев, особенно на магистральных дорогах длительного действия, приходится прибегать к устройству рубленых колодцев и искусственных водоемов взрывным способом. Места для источников водоснабжения выбирают ближе к дороге (не далее 1 км), расстояния между источниками водоснабжения не должны превышать 3—5 км.

Технологическая последовательность строительства зимних дорог следующая. В зимний период лесозаготовительные бригады прорубают просеку. Летом приступают к подготовке дорожной полосы, выкорчевывают пни и удаляют кустарник и мелколесье. Растительный слой удаляют на всю ширину земляного полотна, одновременно убирая валуны и валежник. Для этих работ используют бульдозеры с рыхлительным оборудованием и корчеватели. Одновременно со снятием растительного слоя засыпают грунтом ямы от корчевки, мелкие неровности, планируют поверхность и выполняют предусмотренные проек-

том земляные работы. На заболоченных участках проводят прошпаливание дорожного полотна. Просветы между уложенным мелкотоварным долготьем плотно и ровно заполняют хвостом, сучьями и другими порубочными остатками. Все это должно быть втоплено в поверхность болота и хорошо выровнено. На глубоких (более 1 м) болотах устраивают сплошные настилы с засыпкой их поверху слоем грунта (или торфа) на 20—25 см. Грунт на настил подвозят самосвалами. Планировка грунта производится бульдозерами (наиболее легкими из имеющихся). Применять на этой работе грейдеры не рекомендуется. Под сплошным настилом укладывают продольные лаги со стыками вразбежку. Сверху настил должен быть прижат к крайним продольным лагам колесоотбойными бревнами, которые прикрепляют к настилу проволочными петлями, обхватывающими снизу продольные лаги.

С наступлением первых морозов на сырых участках и неглубоких болотах проводят проминку тракторами. Одновременно проходят тракторами и по прошпаленным участкам. В летний период устраивают в необходимых местах простейшие искусственные сооружения, обычно с клеточными опорами, а также подготавливают съезды к рекам, на которых предполагается устраивать ледяные переправы.

Ледяное покрытие начинают создавать с наступлением устойчивых низких температур, а снежное — при выпадении снега достаточной толщины. Первые поливки проводят при достаточном промерзании верхнего слоя грунта. Температура воздуха должна быть ниже -5°C , но не ниже -20°C . При первых поливках воду разливают на более узкую полосу шириной 2,5—3 м, т. е. главным образом на проезжую часть, а затем на всю ширину дороги. Первоначальные поливки ведут круглосуточно, а с началом движения в ночное время в перерывы между движением грузовых машин. Если на дорогу выпал снег, до слой до 5 см можно поливать без уплотнения, а при более толстых слоях снега его либо уплотняют, либо убирают снегоочистительной техникой в зависимости от конструкции проезжей части.

Снежные уплотненные дороги, хотя и имеют более низкие показатели и быстро разрушаются при повышении температуры во время оттепелей и в весенний период, но все еще широко распространены в связи с недостаточным количеством на предприятиях водополивочной техники. Покрытия из уплотненного снега устраиваются после образования снежного покрова толщиной не менее 10—15 см. Снег разравнивают угольным или бульдозером, а затем уплотняют пневмошинными катками, катками статического действия КТ-3 ЦНИИМЭ или виброплитой СУМ-3 ЦНИИМЭ. Делают три-четыре прохода катка по одному следу с перерывами между проходами. Продолжительность перерыва зависит от температуры воздуха: при темпера-

туре от 0 до -10°C 4—6 ч, при температуре от -10 до -20°C 2—4 ч и при температуре ниже -20°C 2 ч. Рыхлый снег толщиной свыше 25 см можно уплотнять только после предварительного перемешивания фрезами, сельскохозяйственными или специально устроенными боронами или ребристым катком. Сразу же после перемешивания снег уплотняют.

Глава V. УСТРОЙСТВО ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ УЗКОЙ КОЛЕИ

§ 1. КОНСТРУКЦИЯ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Общее протяжение железных дорог узкой колеи в лесной промышленности сокращается, но тем не менее ежегодно происходит значительное строительство узкоколейных путей на предприятиях, где имеются значительные запасы древесины, и существующие узкоколейные дороги удлиняются. Выполненные в МЛТИ в 1977 г. экономические исследования показали,

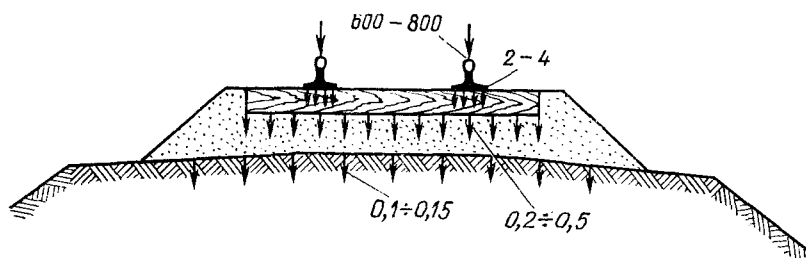


Рис. 49. Верхнее строение железнодорожного пути и схема передачи нагрузок

что себестоимость перевозки и приведенные расходы на узкоколейных железных дорогах ниже, чем на автомобильных при объеме ежегодной вывозки более 300—350 тыс. м³ и среднем расстоянии, превышающем 25—30 км.

Верхним строением железных дорог называется конструкция, направляющая движение и непосредственно воспринимающая давление колес подвижного состава, а затем передающая это давление на земляное полотно в распределенном виде. К верхнему строению (рис. 49) относятся рельсы, рельсовые скрепления, шпалы и балластный слой. На рельсы от колес передается давление до 600—800 МПа, от рельсов на шпалы 2—4 МПа, от шпал на балласт 0,2—0,5 МПа, на грунтовое основание от балласта при правильно построенном пути меньше 0,1 МПа. Два рельса нормальной длины, прикрепленные к находящимся под ними шпалам, составляют звено. Рельсы со

шпалами образуют рельсошпальную решетку. На прямых участках пути шпалы укладывают перпендикулярно оси пути, на кривых — по направлению радиуса кривой.

Стыками называются места соединения рельсов друг с другом. Рельсы скрепляются друг с другом с помощью скреплений в виде накладок и скрепляющих их болтов. Рельсы к шпалам прикрепляют костылями, шурупами и т. д. Между рельсами и шпалами укладывают металлические подкладки. К скреплениям относятся также укрепляемые на рельсах противоугоны, передающие на шпалы продольные усилия от рельсов.

V.I. Основные размеры рельсов для дорог узкой колеи

Показатели	Буквенное обозначение	Типы рельсов		
		P15	P18	P24
Высота рельса, мм	<i>H</i>	91,5	90	107
Ширина, мм:				
подшвы	<i>B</i>	76	80	92
головки	<i>b</i>	37	40	51
Толщина шейки, мм	<i>d</i>	7	10	10,5
Площадь поперечного сечения, см ²	<i>F</i>	19,16	23,07	32,70
Момент инерции относительно горизонтальной оси рельса, см ⁴	<i>I_x</i>	221,6	240	468
Момент сопротивления рельса, см ³ :				
по низу подошвы рельса	<i>W₁</i>	49,2	56,1	87,2
по верху головки рельса	<i>W₂</i>	47,7	51,0	87,6
Масса 1 пог. м рельсов, кг	<i>g</i>	15,00	18,06	25,60

Балластный слой, устраиваемый из дренирующего материала, необходим для устойчивости рельсошпальной решетки в пространстве, передачи воспринимаемых от шпал давлений на возможно большую площадь поверхности земляного полотна и создания достаточной упругости рельсового основания.

Рельсы являются наиболее ответственным элементом пути. Типы рельсов различают по массе 1 пог. м. На железной дороге узкой колеи применяют рельсы типа P18 и P24, кроме того, на дорогах имеются рельсы P15, которые в настоящее время не выпускаются. Основные размеры рельсов для дорог узкой колеи приведены в табл. V.I.

Форма рельсов близка к двутавровой балке. Рельс состоит из головки, непосредственно воспринимающей давление колес, горизонтальной нижней части рельса и шейки, соединяющей головку с подошвой. Длина узкоколейных рельсов 8 м, при заявке потребителя заводы поставляют рельсы длиной 10 м. В настоящее время заводам разрешено поставлять рельсы меньшей длины, поэтому при приемке рельсы необходимо сразу же рассортировывать по длинам на специальных стеллажах. Кроме

того, необходимо проверить пригодность рельсов для укладки в путь. Временное сопротивление металла должно быть не менее 650 МПа, твердость металла не менее 170 НВ. После анализа сертификатов проводят визуальный осмотр поступивших рельсов и проверяют, нет ли дефектов геометрического характера, разброса размеров по длине, искривлений и скручиваний, заусенцев, непробитых отверстий. Твердость рельсов проверяют прибором Польди (четыре-пять рельсов из каждой партии). Сведения о некачественных рельсах записывают в журнал, в котором указывают шифр плавки, тип рельсов, категорию рельсовой стали, завод-изготовитель и его шифр, номер сертификата и дату получения. При обнаружении дефектов оформляют рекламацию с указанными выше данными, которые высылают заводу-изготовителю, Госинспекции Минчермета СССР, территориальной конторе Госнаба и вышестоящей организации по подчиненности.

При обнаружении дефектов в рельсах, уложенных в путь (изломы, выколы подошвы, отколы, расслоения головки), следует их изъять из пути и составить акт рекламации. В акте указывают название дороги, километр и пикет, с которого сняты рельсы, грузонапряженность и категорию дороги, дату постановки и снятия рельсов, характеристику дефекта, а если рельсы отправлялись на испытания, то их результаты.

Чем длиннее укладываемые в путь рельсы, тем меньше требуется стыков и стыковых креплений. На дорогах нормальной колеи СССР выпускают рельсы длиной 25 м (основная длина) и 12,5 м. Для уменьшения числа стыков, кроме нормальных рельсов, применяют длинные (длинномерные) рельсы, сваренные в стыках из рельсов нормальной длины (до 50—60 м), и бесстыковой путь. В результате выполненных в МЛТИ расчетов установлено, что в зависимости от температурной амплитуды металла рельсов длина сварных длинных рельсов может быть следующей: в западных районах (Псковская, Смоленская, западная часть Ленинградской области) при амплитуде температуры рельсов от 70 до 80°С 40 м, в центральных районах европейской части СССР (Новгородская, Вологодская, Ярославская области) при амплитуде температур рельсов от 80 до 90°С 32 м и при большей амплитуде температур (90—100°С) 24 м.

Шпалы являются основным видом рельсовых опор. На лесовозных УЖД применяют деревянные шпалы с поперечным сечением по ГОСТ 8993—59. На магистралях лесовозных дорог и приемоотправочных путях должны укладываться шпалы I и II типов. На магистралях III категории и складских путях допускается укладка шпал III типа. Укладываемые шпалы нужно антисептировать. Длина шпал 1,5 м, на путях кратковременного действия 1,8 м.

Стыковые крепления. В настоящее время для рельсов узкой колеи изготавливают только плоские стыковые

накладки. На рис. 50 показаны стыковые крепления для рельсов Р18. Длина накладок для рельсов Р24 та же самая. Накладки крепят четырьмя болтами специальной формы, не дающей им прокручиваться при завинчивании гаек. Масса бол-

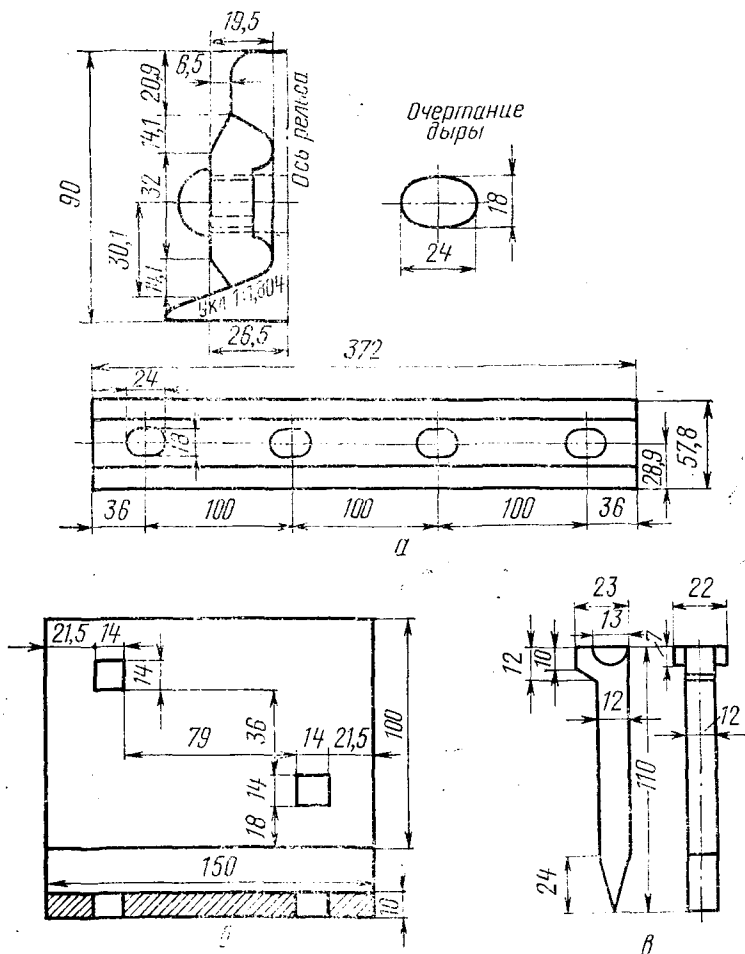


Рис. 50. Крепления к рельсам Р18:
а — накладки; б — подкладки; в — костыли

тов для рельсов Р18 0,172 кг и для Р24 0,296 кг. Диаметр болта для Р18 16 мм и для Р24 18 мм.

Промежуточные крепления применяются для прикрепления рельсов к шпалам. На УЖД оно осуществляется нераздельным способом обычными костылями. Подкладки на прямых участках устанавливают только на стыковых и присты-

ковых шпалах. Кроме того, они укладываются в кривых, на мостах и других ответственных участках.

Балластный слой по нормам проектирования на лесовозных УЖД отсыпают из песка, щебня, металлургических шлаков, гравия и ракушки, удовлетворяющих требованиям технических условий на балластные материалы. Щебень и гравий являются полноценным балластным материалом. Песок пригоден крупнозернистый, содержащий не менее 50% частиц крупностью 1 мм и более, а также среднезернистый, содержащий

V.2. Мощность верхнего строения лесовозных узкоколейных железных дорог

Вид пути	Осевая масса локомотива, т	Тип рельсов	Число шпал на 1 км, шт.	Толщина балластного слоя под шпалой, см
Магистраль I категории	8,0	P24	1700	25
	7,0—6,0	P24	1600	20
Магистраль II категории	8,0	P24	1700	25
	7,0—6,0	P18	1600	20
	4,5 и менее	P18	1500	20
Магистраль III категории	4,5 и менее	P18	1500	15
	8,0	P18	1600	20
Ветки, пути нижнего склада и приемоотправочные станционные пути	7,0—6,0	P18	1600	15
	4,5 и менее	P18	1500	15
Прочие станционные пути	8,0	P18	1500	20
	7,0—6,0	P18	1500	15
	4,5 и менее	P18	1400	15
Усы	4,5 и менее	P18	1400	10

не менее 50% частиц крупностью 0,5 мм и более. Мелкий пылеватый песок нельзя использовать в качестве балластного материала. Ширина балластной призмы по верху 1,7 м, а на ветках краткосрочного действия и на усах 1,6 м. Крутизна откосов балластной призмы 1:1,5. Верхняя плоскость балластной призмы должна быть в уровне с верхней поверхностью шпал.

Мощность верхнего строения должна соответствовать осевым нагрузкам подвижного состава, допускаемой скорости движения и грузообороту дорог. В связи с этим на дорогах разных технических категорий применяются различные типы рельсов, различные число шпал и толщина балластного слоя. В соответствии с инструкцией по проектированию лесозаготовительных предприятий [40] мощность верхнего строения должна приниматься по нормативам, приведенным в табл. V.2.

На кривых участках пути радиусом 600 м и менее для дорог I и II категорий и радиусом 300 м и меньше для дорог III категории, веток и усов число шпал на 1 км следует увеличивать на 10%. На путях длительного действия рельсовый путь должен укладываться со сваркой рельсов в длинные плети.

§ 2. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ УЗКОЙ КОЛЕИ *

Для строительства лесовозной УЖД требуется значительно меньший объем земляных работ, чем для строительства автомобильной, что объясняется незначительной шириной земляного полотна: для магистральных линий УЖД I категории 4,3 м, для II категории 3,9 м и III категории 3,5 м, на ветках 3,0—3,2 м и на усах 2,7 м. При средней высоте насыпи 1 м и грузообороте 800 тыс. м³ древесины объем земляных работ на 1 км при устройстве автомобильной дороги составит 12 тыс. м³ грунта, а при строительстве УЖД — 5,8 тыс. м³.

Земляное полотно железных дорог в целом подобно земляному полотну автомобильных дорог, но к нему предъявляются менее жесткие требования. Наименьшее возвышение бровки насыпей над поверхностью земли в местах с замедленным стоком при земляном полотне из крупно- и среднезернистых песков должно быть не менее 0,5 м, для полотна из мелкого песка или супесей — 0,6 м и для земляного полотна из суглинков — 0,7 м. На участках местности с длительным застоем воды минимальные возвышения бровки будут соответственно равны 0,6, 0,8 и 1,1 м. На непросыхающих болотах для насыпей из крупного и среднезернистого песка наименьшее возвышение равно 0,8 м, для насыпей из мелких песков и супесей 1,1 м и для насыпей из суглинистого грунта 1,5 м. На всех участках местности, имеющих растительный слой, УЖД устраивают с насыпью высотой не менее 0,5 м, т. е. высотой, не требующей снятия растительного слоя и корчевки пней.

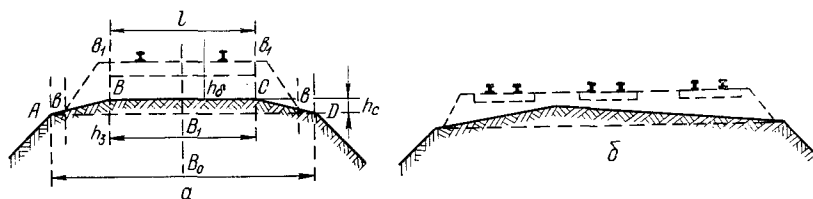
Создаваемое земляное полотно нужно уплотнять послойно, причем требуемая плотность определяется объемным весом сухого грунта (в т/м³), который должен быть равным для мелких и пылеватых песков 1,5—1,6, для супесей 1,7—1,75, для суглинков легких и пылеватых 1,6—1,65, для суглинков тяжелых 1,55—1,60, для тощих и пылеватых глин 1,45—1,55.

Наиболее специфической частью земляного полотна железных дорог является конструкция его верхней части, называемой основной площадкой. На рис. 51 показана конструкция основной площадки с выпуклой сливной призмой, которая на однопутных дорогах устраивается в виде трапеции, а на отдельных пунктах и двухпутных дорогах в виде треугольника. На лесовозных УЖД ширина верхней стороны трапеции равна 1,2 м (т. е. меньше длины шпал), высота на дорогах I и II категорий 0,1 м, на дорогах III категории 0,06 м. Опыт показывает, что и на дорогах III категории высоту сливной призмы следует принимать 0,1 м. Более эффективной в отношении водоотвода является треугольная форма сливной части. Но в большинстве

* Параграф написан ст. научн. сотр. ЦНИИМЭ С. Б. Кувалдиным.

случаев при строительстве УЖД рельсошпальную решетку первоначально укладывают непосредственно на земляное полотно без балластного слоя. Треугольная сливная призма в этом случае сминается, а положение рельсошпальной решетки становится неустойчивым, в связи с чем призму устраивают трапециевидальной. Если балласт подвозят на земляное полотно на самосвалах до укладки рельсошпальной решетки, сливную призму на основной площадке земляного полотна следует устраивать треугольного сечения с уклоном поверхности 15—20‰.

Сливную призму устраивают проходами грейдера или же универсального бульдозера, который первый проход делает



Рс. 51. Основная площадка земляного полотна:

а — на однопутных участках; *б* — на 2- или 3-путных участках

задним ходом с опущенным отвалом для планировки и утюжки поверхности трапециевидальной сливной призмы. Затем отвалу придают боковой уклон, поворачивая режущую кромку на угол 4° , примерно равный углу наклона откоса сливной призмы к горизонту. Проходом бульдозера в одном, а затем в обратном направлении устраивают откосы сливной призмы. Разворот трактора при этом следует делать в стороне от планируемого земляного полотна.

§ 3. УКЛАДКА ПУТЕВОЙ РЕШЕТКИ

Принятая в настоящее время технология устройства верхнего строения пути предусматривает укладку рельсошпальной решетки непосредственно на подготовленное земляное полотно, а не на отсыпанный заранее балластный слой. Такая технология сложилась исторически еще в то время, когда балластный материал перевозили на вагонах по рельсам. В настоящее время можно организовать предварительную отсыпку балластного слоя на земляное полотно до укладки рельсошпальной решетки и потом уложить ее уже на отсыпанный, спланированный и уплотненный балластный слой. Однако, как в первом, так и во втором случае, способ укладки рельсошпальной решетки остается одинаковым.

В лесной промышленности наибольшее распространение получил звеноукладочный способ укладки пути. Этот способ удобен тем, что строительные работы сводятся к сборке готовых звеньев с высокой степенью механизации труда. Кроме того, на временных путях уложенные звенья можно легко разбирать и затем перевозить и укладывать на другом пути. Для укладки звеньев в путь имеются специальные механизмы — путеукладочные поезда, состоящие из специальных платформ с пакетами из звеньев и путеукладочного крана. Самоходный поезд СРП-2 конструкции ЦНИИМЭ позволяет выполнять большое количество различных операций при перекладке и укладке путей, строительстве новых дорог, имеет высокую производительность.

В состав поезда СРП-2 входят энергосиловой агрегат, три специальные платформы, путеукладчик и комплектующее оборудование: путерасширитель, моторная пила с универсальным приспособлением для постановки различного инструмента (рельсорезки, рельсоверлилки, гайковерты, заточный круг и др.), а также блоки, тросы, путевой инструмент.

После подготовки полотна с путеукладчика подают готовые звенья. Стыки скрепляют накладками и болтами. Перемещение очередной пачки звеньев с платформ на путеукладчик осуществляется лебедкой. На механизированной укладке пути работает бригада из 4—5 человек. В настоящее время вместо поезда СРП-2 Камбарский машиностроительный завод начинает выпускать новый строительный поезд (СП) на базе тепловоза ТУ-6Д.

На строительстве узкоколейных железных дорог можно применять схему укладки с помощью трелевочного трактора, на который монтируют боковую консольную стрелу с рабочим вылетом 5,5 м с расчетом захвата рельсового звена длиной 10 м. Состав с звеньями подается тепловозом или мотовозом. Трактор берет звено, продвигаясь вперед, и опускает его на земляное полотно, затем специальным тросом подтягивает состав с звеньями и операция повторяется. На сцеп из двух тележек от обыкновенной платформы можно грузить в два ряда до 15 звеньев. Производительность механизмов при этом способе укладки достигает 450 пог. м в смену.

Все основные способы механизированной укладки пути базируются на использовании заранее собранных на специальной звеноборочной базе звеньев. Организация технологического процесса и схема расположения укладочных материалов зависят от применяемого типа путеукладчика, рельефа местности и местонахождения шпалопропиточной установки и шпалорезного цеха. При использовании серийно выпускаемых путеукладчиков звенья необходимо собирать непосредственно на сборочных путях узкой колеи, которые одновременно являются и погрузочными путями. Рассмотрим технологию работы звеноборочной базы, схема которой приведена на рис. 52.

Рельсы доставляют к местам сборки путевыми вагончиками. Туда же подвозят на платформах шпалы от шпалопропиточной установки. Доставленные рельсы и шпалы размещают у сборочного пути с разных сторон и складывают в штабеля, между которыми укладывают необходимое количество креплений. Специальное звено рабочих собирает звенья на сборочных местах, укладывая их в четыре-пять ярусов. Число сборочных мест зависит от намечаемого темпа укладки, но должно быть не менее пяти для равномерной загрузки рабочих на различных операциях. Для того чтобы погрузка звеньев путеукладчиком не задерживала сборки новых звеньев, на базе необходимо иметь

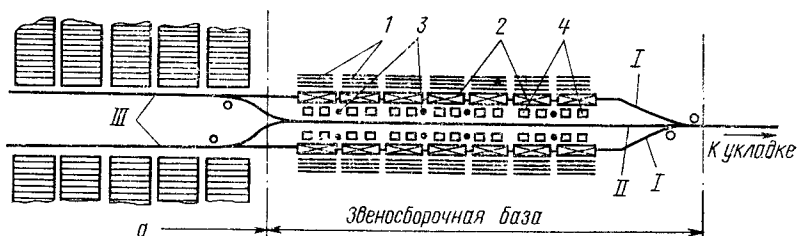


Рис. 52. Схема устройства звеносборочной базы:

a — база укладочных материалов; I — сборочно-погрузочные пути; II — обгонный путь; III — пути базы укладочных материалов; 1 — штабеля с рельсами; 2 — штабеля шпал; 3 — рельсовые крепления; 4 — сборочные места

два сборочно-погрузочных пути. Прибывающий для загрузки путеукладочный поезд проходит через путь II на путь III , затем подается на путь I , где находятся собранные звенья. Непосредственно к пакетам звеньев подходит путеукладочный кран, который грузит их на головную платформу. Затем пакеты лебедкой передвигаются на свободную заднюю платформу до тех пор, пока все платформы, включая платформу путеукладчика, не будут загружены. На каждом звене при сборке должны быть укреплены накладки на передних по ходу укладки концах. Это ускоряет работу и уменьшает потери накладок и болтов. Если на предназначенном к укладке участке есть кривая, необходимо часть звеньев подготовить с укороченными рельсами для внутренней нитки кривой. Величина укорочения внутренней нитки L_n по отношению к наружной L_b на кривых равна

$$\Delta L = L_n - L_b = \frac{\pi \alpha}{180} S_k,$$

где a — угол поворота, град;

S_k — ширина колеи на кривой (с учетом уширения) плюс ширина головки рельсов.

Необходимое число укороченных рельсов (следовательно, и звеньев с укороченным внутренним рельсом) при величине укорочения одного рельса y будет равно:

$$n_y = \frac{\Delta L}{y}.$$

В то же время число звеньев по наружной нитке с рельсами нормальной длины l_n будет равно:

$$n_n = \frac{L_n}{l_n} = \frac{\pi \alpha}{180 l_n} \left(R + \frac{S_k}{2} \right),$$

где R — радиус кривой, м.

Сопоставив общее число рельсовых звеньев на кривой и число звеньев с укороченными рельсами, можно установить, через сколько звеньев с рельсами нормальной длины необходимо иметь звенья с укороченными рельсами на внутренней нитке. Для того чтобы обеспечить правильное чередование звеньев, их следует пронумеровать и укладывать на поезд в строго установленной последовательности. В настоящее время при выпуске узкоколейных рельсов не соблюдаются строго определенные размеры укорочений, поэтому для внутренней нити кривых следует подбирать имеющиеся укороченные рельсы различной длины.

Для сохранения шпал и лучшей работы костылей перед их забивкой рекомендуется просверливать в шпалах отверстия диаметром на 2—3 мм меньше боковых граней костыля. Это совершенно необходимо при применении пружинных костылей и шурупов (или скоб) для крепления рельсов у звеньев, подлежащих частой перекладке. Для сверления используют электросверла и гайковерты, сконструированные на базе электросучкорезок РЭС, универсальное приспособление УП-1 к бензопиле «Дружба», а также шуруповерт ШВ-1, который выпускается для железных дорог колеи 1520 мм и представляет собой легкую трехосную тележку с электродвигателем для заворачивания путевых шурупов и сверления отверстий в шпалах. Тележку можно приспособить под размер колеи 750 мм, укоротив поперечную ось. Во всех случаях в просверленное отверстие перед забивкой костыля должна заливаться антисептирующая жидкость. Для зарезания на шпалах мест подуклонки следует использовать электрофрезы.

Укладка рельсошпальной решетки тракторными или автомобильными кранами и трелевочными тракторами может привести к повреждению основной площадки земляного полотна и даже образованию на ней колеи, в которой скапливается вода. При укладке усов этот недостаток не является опасным из-за кратковременности использования пути, на магистрали же образующиеся под балластом колеи могут привести к серьез-

ным дефектам пути. Поэтому при укладке решетки агрегатами, передвигающимися по земляному полотну, нельзя допускать их движения по грунту, не просохшему после дождей. Целесообразно применять специальный планировщик для выправки поверхности земляного полотна.

При малых объемах работ укладку пути ведут вручную, предварительно размечая положение звеньев по оси пути. Шпалы раскладывают поперек оси и выравнивают один их край по шнуру. К концу уложенного пути на тележках подвозят рельсы со скреплениями и растягивают их. После укладки и соединения в стыке рельса на его шейке размечают положение осей шпал по предварительно составленной эпюре и подвигают шпалы в положение, соответствующее разметке. Затем рельсы пришивают к шпалам с соблюдением установленной ширины колеи и выправляют (рихтуют) путь в плане. Укладочные материалы доставляют в район работ на поездах, а от места временного складирования — на легких путевых тележках. При укладке пути стыки должны устанавливаться строго по наугольнику для более удобной механизированной разборки и перекладки звеньев.

При ручной укладке используют электрические путевые инструменты. Работы выполняются бригадами путевых рабочих с полным или частичным разделением труда. Число рабочих зависит от требуемого темпа укладки пути.

Сварка рельсов в стыках. Сварка рельсов в стыках может производиться до и после укладки их в путь. Первый способ целесообразно применять при укладке пути длинными рельсовыми плетями. При укладке пути звеньями, на что и рассчитаны выпускаемые путеукладочные краны, стыки сваривают после укладки рельсошпальной решетки и баллаستировки пути. Сварка рельсов в стыках позволяет значительно сократить расход стыковых скреплений (1700—2600 кг на 1 км пути) и улучшить эксплуатационные качества пути.

В настоящее время на лесовозных дорогах широко распространена ручная сварка электродуговым ваннным способом. При сварке рельсов до укладки их в путь сварочный ток можно получать от сети, используя обычные сварочные трансформаторы, дающие силу тока не меньше 350 А. Для сварки рельсов необходимо соорудить невысокую эстакаду из рельсов, уложенных на деревянные столбики. Расстояние между наклонными рельсами эстакады составляет 2,5—3 м. Место сварки должно быть оборудовано специальными зажимами, позволяющими быстро закреплять концы рельсов друг против друга с определенным зазором и подъемкой концов. Между концами свариваемых рельсов должен быть зазор, равный 1,5 диаметра электрода (обычно 10—12 мм). Для обеспечения этого зазора при укладке пути звеньями следует при сборке стыка вставлять в него специальные пластинки указанной толщины.

При сварке в пути сварочный агрегат удобно устанавливать на раму трелевочного трактора, который постепенно передвигается вдоль пути. Сварку узкоколейных рельсов ведут электродами марки УОНИ13/55А или УОНИ13/45. Выпускаемые в последнее время электроды УОНИ13/85У дают излишне прочный шов, в связи с чем по мере износа рельсов на месте сварки в стыке образуется выпуклость, которую необходимо периодически сошлифовать.

Перед сваркой концы рельсов в стыке несколько приподнимают (на 2—4 мм на 1 пог. м рельсов). Предварительно должна быть произведена рихтовка рельсовых ниток, чтобы в месте сварки не было переломов в горизонтальной плоскости. Затем под подошву рельса против стыка и симметрично по отношению к обоим концам рельсов приваривают стыковую планку шириной 30 мм и длиной 110—120 мм. Эта планка препятствует вытеканию металла в процессе сварки и является составной частью стыка. Между планкой и поджимающим приспособлением (домкратом) укладывают медную пластинку. Для сварки подошв рельсов на них с каждой стороны стыка устанавливают специальные полуформы из красной меди. В стык вертикально вставляют электрод, и путем непрерывных медленных движений поперек зазора создают жидкую ванну расплавленного металла, постепенно заполняющую нижнюю часть стыка до шейки рельсов. После этого сварку прерывают, полуформы снимают, а поверхность образовавшегося в нижней части стыка шва очищают от шлака. Затем на рельсы устанавливают боковые полуформы (рис. 53), также изготавливаемые из красной меди и удерживаемые на месте зажимным приспособлением.

При сварке шейки и головки зазор между концами рельсов также непрерывно заполняется ванной расплавленного металла. Благодаря выемке в полуформе вертикально по контуру стыка устраивается усиление размером 3—4 мм. По окончании сварки на головке также должно быть сделано усиление в 3—4 мм, которое впоследствии сошлифовывают. Оно необходимо, чтобы вывести за контур головки усадочную часть ванны. После полного охлаждения стыка на поверхности катания и внутренней боковой стороне головки необходима тщательная шлифовка поверхности.

Весь процесс сварки стыка вместе со шлифовкой занимает примерно 30 мин. На сварку стыка расходуется 0,8—0,9 кг электродов. При хорошем качестве шлифовки не отмечается какого-либо удара и стука при проходе колес по сварному стыку.

Наиболее высокое качество сварки рельсов достигается при электроконтактном способе: прочность рельсов в стыке практически равна прочности в других сечениях.

Северный научно-исследовательский институт лесной промышленности (СевНИИП) совместно с Институтом электро-

сварки им. Патона разработал конструкцию агрегата для сварки стыков узкоколейных рельсов в пути. Агрегат представляет собой смонтированные на трелевочном тракторе ТДТ-75 специальный генератор и стреловой кран, при помощи которого поднимается и опускается сварочная головка. Сварка такой головкой производится по методу непрерывного оплавления с программным регулированием напряжения и скорости оплавления. Процесс сварки регулируется автоматически с применением следящей гидросистемы. Машина «Искра-1» имеет гид-

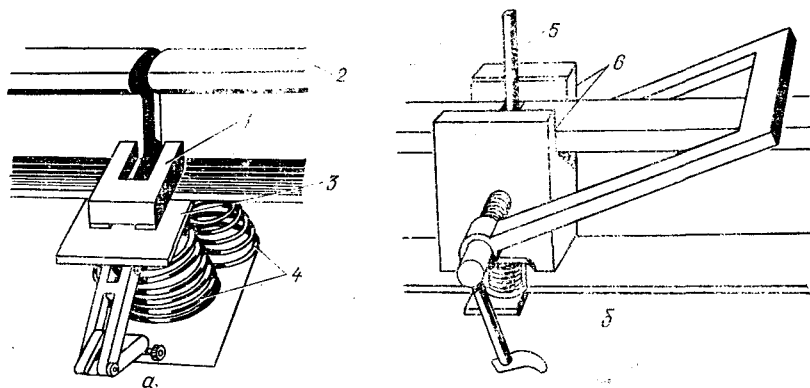
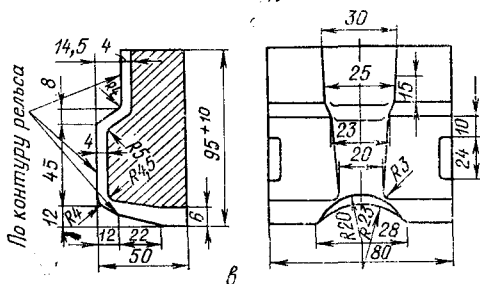


Рис. 53. Сварка рельсов в стыках:

а — сварка подошвы; *б* — сварка верхней части; *в* — чертеж боковых полуформ; *г* — нижние полуформы; *2* — рельсы; *3* — пластина; *4* — пружина; *5* — электрод; *6* — боковые полуформы



равлический привод механизма сжатия и осадки. Технические параметры сварочной головки позволяют вести сварку при температуре воздуха от -15° до $+40^{\circ}$ С. Проектная производительность 50 стыков в смену. Работа выполняется бригадой из 4 человек (оператор-сварщик и 3 путевых рабочих). Один из рабочих разбалчивает стыки и расширяет пристыковые шпалы, второй разгоняет стыковые зазоры, третий зачищает торцы и шейку рельса в местах будущей сварки. Оператор-сварщик переезжает с машиной от стыка к стыку, устанавливает сварочную головку на стык и управляет процессом сварки.

§ 4. БАЛЛАСТИРОВКА ПУТИ

Технология балластировочных работ делится на три процесса: заготовительный — разработка карьера и погрузка балласта на подвижной состав; транспортный — доставка балласта к месту работ и его разгрузка; монтажный — укладка балласта на подготовленное земляное полотно.

На 1 км пути лесовозных узкоколейных дорог требуется от 500 до 800 м³ балласта. Объем балласта определяется как разность между объемом балластной призмы и объемом, занимаемым шпалами. При определении потребности в балласте к расчетному объему добавляются потери при перевозке, выгрузке и уборке в путь: 5% для песчаного, 2% для гравийного и 1% для щебеночного материала. Кроме того, для устройства возвышения наружного рельса на кривых затрачивается 2—5% балласта в зависимости от рельефа местности. На разработке карьеров работают те же дорожно-строительные машины, что и при устройстве земляного полотна (бульдозер, экскаватор), причем бульдозер является наиболее производительной и универсальной машиной.

Балласт перевозят на специальном подвижном составе, обеспечивающем саморазгрузку балласта. Для этой цели созданы хоппер-дозатор БХД-2 и полувагон-дозатор ПДВ. Движение балластных поездов должно производиться по графику. По мере удаления места работ от карьера удлиняется расстояние вывозки, изменяются графики движения. График движения балластных поездов должен быть увязан с графиком движения укладочного поезда. При механизированной подъемке пути необходимо иметь на полотне запас балласта, но не более чем в пределах пятидневной потребности. Вывозка балласта производится по двум схемам: к карьере и от карьера. При работе по схеме к карьере балластировка начинается от самого дальнего участка пути. В этом случае балластные поезда движутся по незабалластированному пути, что вызывает частичную порчу верхней площадки земляного полотна, низкую скорость балластных поездов и, как следствие, меньшую их оборачиваемость. В то же время при этом способе балластный поезд не доезжает до места предыдущей разгрузки и не мешает рабочим укладывать в путь ранее завезенный балласт. Такую схему балластировки можно применять в сухие периоды года и при хорошо дренирующих грунтах в верхней части земляного полотна.

При работе по схеме от карьера движение балластных поездов происходит по устойчивому забалластированному пути, но в этом случае поезда разгружаются за участком, на котором укладывают балласт в путь, что вызывает простой путевых рабочих. Схема балластировки от карьера обеспечивает лучшее сохранение формы верхней площадки земляного полотна, и ее

обязательно нужно применять при глинистых грунтах земляного полотна и в периоды сырой погоды.

Работы по укладке балласта в путь начинаются с подготовки находящегося под рельсошпальной решеткой земляного полотна к балластировке. В результате вдавливания и перемещения шпал во время движения балластных поездов профиль сливной призмы обычно нарушается. Образовавшиеся шпальные корыта, а также отдельные просевшие места на верхней площадке полотна заполняют грунтом и тщательно утрамбовывают, срезают все бугры, восстанавливают сливную призму и положение шпал, а также отрыхтывают путь.

Перед подъемкой пути на основании данных нивелировки, произведенной после выполнения земляных работ, составляют ведомость на балластировку пути, форма которой приведена ниже.

Ведомость на балластировку пути от ——— км до ——— км лесовозной дороги

Километры	Пикеты	Плюсы	Уклоны	Протяжение прямых и кривых с указанием радиуса	Отметка по оси		Толщина балластного слоя по оси, см		Ширина балластной призмы поверху, м	Объем балластной призмы, м ³			
					верха балластной призмы	верха земляного полотна	наружного рельса	внутреннего рельса		на участках	прямых	кривых	на 1 км

На основании приведенных в ведомости данных за 1 день до начала работ вдоль рельсов под нивелир выставляют высотные колья, верх которых показывает положение головки рельса после подъемки на балласт. Высота выставляемых колея над поверхностью земляного полотна равна

$$h_b = h_6 K_y + h_{ш} + h_p,$$

где h_6 — толщина слоя балласта под шпалой, см;
 K_y — коэффициент уплотнения балласта (для песка 1,1);

$h_{ш}$ и h_p — высота шпалы и рельса, см.

По установленным под нивелир высотникам мастер при помощи визирок ставит дополнительные высотники у каждого стыка. После такой подготовки начинают подъемку путевой решетки ручными подъемниками на легкой путевой тележке. После подъема путевой решетки балласт вручную забрасывают под шпалы и подбивают ручными подштокками и подбойками.

Затем путь рихтуют, междушпальные ящики заполняют балластом и производят оправку балластной призмы.

Ручная балластировка является трудоемкой операцией. В последние годы были разработаны машины для механизации балластировки в пути. В настоящее время для железных дорог колен 750 мм серийно выпускается балластер УПК и выправочно-подбивочно-отделочная машина ВПОУ-800.

Серийно выпускаемый балластер УПК-1 предназначен для дозировки предварительно вывезенного балласта, подъема пути, оправки балластной призмы, засыпки балластом шпальных ящиков, а также для подвижки в поперечном направлении рельсовой колес (до 280 мм). Агрегат состоит из самоходной электростанции ЭСУ-1 и прицепа к ней балластера. Самоходная электростанция представляет собой тепловоз с дизелем Д-108 на двух двуосных тележках, имеющим генератор ЕС-92—6 мощностью 50 кВт (380 В). Транспортная скорость самоходной электростанции 35 км/ч, рабочая 6,42 км/ч. Минимальный радиус кривой, в которую вписывается балластер, 25 м.

Балластер состоит из фермы, которая делится шарниром на главную и консольную балки. На главной балке установлен механизм, поднимающий и опускающий рабочие органы. Основными рабочими органами являются дозировщик, состоящий из двух крыльев и ножа, и рельсозахватный механизм, имеющий четыре пары основных роликов, а также специальные рихтовочные ролики. Балластер может поднимать (вывешивать) рельсошпальную решетку до 24 см. Длина его рабочего пролета 15 м, что вполне достаточно для размещения подвижной волны рельсошпальной решетки. Подъемная сила рельсозахвата 38 кН. Средняя производительность на балластировке пути 400 пог. м в смену при работе 2 человек — машиниста и слесаря-оператора.

По окончании балластировки пути по дороге открывается движение грузовых поездов. После двух-трех недель, когда свежотсыпанный балластный слой уплотнится, приступают к послеосадочному ремонту пути. Подробные сведения о ремонтах пути, в том числе и пути со сварными рельсами, о способах укладки в путь длинных сварных рельсовых плетей, а также технологических процессах капитального ремонта пути, разработанных Московским лесотехническим институтом, изложены в учебнике для лесотехнических техникумов «Эксплуатация и ремонт лесовозных дорог» [16].

§ 5. УКЛАДКА СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

Стрелочный перевод необходим для перехода подвижного состава с одного пути на другой. По количеству деталей, формам и размерам стрелочные переводы представляют собой наи-

более ответственную, сложную и дорогостоящую часть рельсового пути. Как правило, на узкоколейных железных дорогах применяют обыкновенные односторонние стрелочные переводы (рис. 54), состоящие из стрелки, крестовины, соединительных путей между ними и переводного механизма.

Стрелка служит для направления движения и имеет два рамных рельса и два подвижных остряка (пера), соединенных стрелочной тягой. С помощью переводного механизма один из

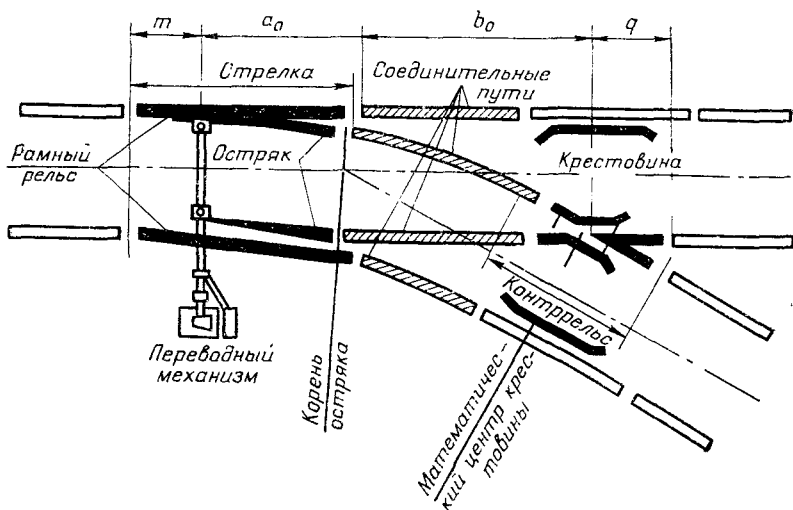


Рис. 54. Схема стрелочного перевода

остряков прижимается к рамному рельсу и тем самым направляет колесную пару на необходимый путь. Второй остряк в это время отодвигается от рамного рельса.

Крестовина обеспечивает свободное прохождение реборд колес подвижного состава через пересечения рельсов. Для того чтобы реборды колес попадали в нужный желоб крестовины, против нее укладывают контрорельсы. Крестовины состоят из сердечника и усювиков и подразделяются по маркам и конструкциям. Маркой крестовины называется тангенс угла крестовины $M = 1/N = \operatorname{tg} \alpha \approx 2 \operatorname{tg} \alpha/2$ (α — угол между осями сходящихся в центре перевода прямого и примыкающего пути). Чем больше знаменатель марки N , тем меньше ее угол, полнее и длиннее крестовина и плавнее движение поездов по стрелочному переводу. По нормам проектирования лесовозных дорог [40] стрелочные переводы лесовозных УЖД должны иметь марки крестовин на приемоотправочных путях для обыкновенных переводов не круче $1/9$ и на прочих станционных путях и путях промышлен-

ных площадок не круче $1/7$ и на примыканиях веток и усов не круче $1/9$.

Соединительные пути, укладываемые между стрелкой и крестовиной, состоят из прямого участка и соединительной кривой. Стрелочные переводы изготовляют на заводах и в крупных мастерских. В строительные организации и предприятия поступают стрелки и крестовины с контрольными, остальные части перевода изготовляют на месте из имеющихся рельсов. Для укладки переводов необходимо знать теоретическую длину стрелочного перевода L_T от конца острьяков до математического центра крестовины. Это расстояние берется из чертежа (эпюры) перевода или справочника (для определенной марки и типа рельсов). В проектах указаны координаты точки примыкания бокового пути, называемой центром перевода и являющейся основой для разбивки. Расстояние от этой точки до математического центра крестовины b_0

$$b_0 = \frac{S}{2 \operatorname{tg} \alpha/2} = \frac{S}{M} = SN,$$

где S — ширина колеи, мм.

Расстояние от центра перевода до начала острьяков a_0 равно $a_0 = L_T - b_0$, а до начала рамных рельсов $a = a_0 + m$, где m — вылет рамных рельсов от конца острьяков до стыка равный примерно 1,5 шпальных пролетов (70 см). Последняя точка, ограничивающая стрелочный перевод с другой стороны, отстоит от центра перевода на расстоянии

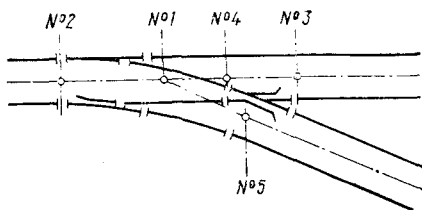
$$b = b_0 + q = SN + q,$$

где q — длина заднего хвоста крестовины, мм, определяемая по эпюре или непосредственным обмером.

При строительстве дорог по проектным материалам производят разбивку станционных путей и устанавливают места примыкания веток.

Центр перевода определяется расстоянием от оси станции, указанным в проекте. На оси центр перевода фиксируется колышком № 1 (рис. 55). Для укладки перевода на оси пути фиксируются колышками еще три точки. Точка № 2 фиксирует начало рамных рельсов стрелки и устанавливается на расстоянии $a_0 + m$ от центра перевода. В другую сторону от центра перевода отмеряется расстояние $b_0 + q = SN + q$ и устанавливается колышек, фиксирующий конец крестовины и тем самым и конец стрелочного перевода. Кроме этих основных точек, устанавливают еще колышек № 4, показывающий начало крестовины, и колышек № 5, который вместе с точкой № 1 фиксирует ось примыкающего пути. Для обеспечения необходимой точности разбивки в вершины кольев забивают гвозди, точно фиксирующие установленные направления и размеры.

Рис. 55. Разбивка стрелочного перевода (схема установки колышков)



Прежде чем приступить к укладке переводов, необходимо определить длину переходной кривой по наружной и внутренней ниткам и координаты точек для ее разбивки. Обозначим угол между острьяком и рамным рельсом β , угол крестовины α . Радиус переходной кривой по наружной нитке $r = R + S/2$. Длина переходной кривой (в мм):

по наружной нитке

$$l_n = \frac{\pi r (\alpha - \beta)}{180},$$

по внутренней нитке

$$l_b = \frac{\pi (r - S) (\alpha - \beta)}{180}.$$

По этим размерам совершенно точно подготавливают отрезки рельсов для переходных кривых. Для облегчения разбивки переходной кривой вычисляют координаты для рабочей грани наружной нитки. Внутреннюю кривую пришивают по шаблону и для нее координаты не вычисляют. За начало координат принимают стык рамного рельса или начало переходной кривой, а за ось абсцисс — направление прямолинейного рамного рельса. Абсциссы и координаты кривых на узкоколейных железных дорогах вычисляют для точек кривых через каждый метр. Для разбивки переходных таблиц можно также воспользоваться таблицей ординат переходных кривых для марок крестовин $1/7$ и $1/9$, приведенных в учебнике «Эксплуатация и ремонт лесозвозных дорог» [16].

Работа по укладке стрелочного перевода начинается с укладки стрелки, т. е. рамных рельсов и острьяков. Предварительно на эюре укладывают подстрелочные брусья, концы которых со стороны прямого пути выравнивают по шнуру (или рейке). Брусья следует укладывать одновременно как от начала рамных рельсов, так и от конца крестовины. На переходных брусьях укладывают подстрелочные подушки, по которым размечают на брусьях положение всех отверстий для шурупов. На закрепленные подушки укладывают и прибалчивают наружный рамный рельс. После установки упорных болтов и острьяков укрепляют второй рамный рельс на расстоянии от первого 760 мм у начала острьяков и 755 мм в корне острьяков. После этого устанавливают переходный механизм. Уложив стрелку, приступают к укладке прямого пути в пределах от корня острьяка до начала крестовины, а по наружной нитке до конца перевода. Наружная нитка

шьется по направлению прямого пути, а внутренняя по шаблону. До укладки крестовины на наружной нитке укрепляют контррельс так, чтобы его середина приходилась против математического центра крестовины. Эту точку отмеряют от центра перевода и отмечают на шейке наружного рельса. Только после этого можно укладывать крестовину с соблюдением ширины колеи 750 мм.

Переводные брусья укладывают так, чтобы примерно на $\frac{2}{3}$ длины перевода они были перпендикулярны оси прямого пути, а в пределах крестовины и за ее хвостом перпендикулярны оси крестовины. После укладки крестовины по координатам производят разбивку переводной кривой и укладку ее наружной нитки. Затем по шаблону укладывают внутреннюю нитку с необходимым для данного радиуса кривой уширением.

Во время укладки нового пути переводы большей частью собирают на месте. При устройстве примыкания к действующему пути стрелочный перевод врезается в путь в течение выделяемого диспетчером интервала времени — «окно» между проходом поездов. В этом случае стрелочный перевод полностью собирается на продольных слегах, уложенных рядом с местом укладки перевода. Разборка участка существующего пути для укладки перевода производится после сборки перевода сбоку на слегах. Затем собранный перевод вдвигается на место. После этого еще раз проверяют все размеры и их соответствие эюуре.

Глава VI. ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

§ 1. ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ

Основная цель проекта организации работ — обеспечить сооружение запроектированной дороги в заданные сроки с наименьшими затратами ресурсов и с высоким качеством работ. К частным задачам могут быть отнесены, например, выполнение работ только имеющимися у предприятия или строительной организации машинами без привлечения дополнительных средств или выполнение работ при обеспечении проезда лесовозных машин по строящемуся участку и пр.

Для достижения основной цели и оптимального решения как общих, так и частных задач при разработке проекта организации строительства необходимо:

1) использовать достижения науки, техники и передового производственного опыта, выбрать такие технологические процессы и машины, которые дадут максимальный эффект в условиях строящейся дороги; обеспечивать повышение производи-

тельности труда, улучшать использование машин и транспорта и снижать себестоимость работ;

2) применять прогрессивные методы организации труда, внедрять бригадный подряд, поточную организацию строительства дороги, непрерывно вводить в действие законченные строительством участки дороги;

3) внедрять комплексную механизацию с выбором оптимальных наиболее производительных современных машин, обеспечивающих снижение себестоимости строительства;

4) внедрять прогрессивную технологию строительства с разработкой технологических карт по всем операциям; выбирать такие технологические приемы и процессы, которые обеспечивали бы требуемое качество работ при его минимальной себестоимости;

5) определять требуемое количество ресурсов на базе детальных расчетов и научно-технического нормирования; при составлении технологических карт и схем корректировать сметные нормы с учетом местных условий;

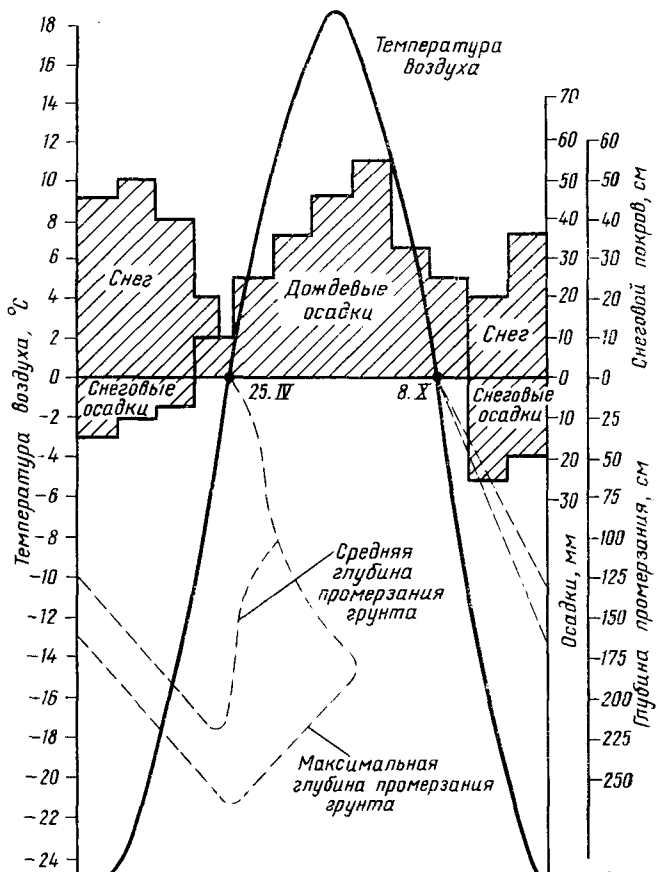
6) повышать сменность дорожных работ и степень равномерности загрузки рабочей силы, машин и транспорта в течение всего года, включая проведение дорожных работ в зимний период;

7) при строительстве хозяйственным способом согласовывать график использования рабочей силы и техники с планом выполнения работ на основном производстве;

8) всесторонне учитывать местные климатические условия при планировании работ по строительству дороги.

§ 2. УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Проектирование организации работ начинают с изучения климатической характеристики района строительства. Климатические условия оказывают влияние на количество и режим поверхностных вод, глубину залегания грунтовых вод, интенсивность и форму атмосферных осадков, водно-тепловой режим земляного полотна, сроки и условия проведения дорожно-строительных работ. На микроклимат района строительства большое влияние оказывает лесная растительность. В связи с затененностью земли кронами деревьев испарение уменьшается, влажность воздуха повышается, скорость ветра в приземном слое становится меньше. Лесная подстилка задерживает и уменьшает поверхностный сток. Особенно важным для проектирования строительства являются такие данные, как продолжительность периодов с отрицательными и низкими положительными температурами, глубины и сроки промерзания и оттаивания грунтов, интенсивность осадков и распределение их по календарным периодам, продолжительность светового дня и др. Эти данные отражают графически на дорожно-климатическом гра-



	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	за год
Преобладающее направление ветра	З Ю/З	З	З	З	З	З	З	З	З Ю/З	З	З	З Ю/З	З
Распутица													
Простой из-за осадков, сутки	0,3	0,2	0,3	0,8	2,4	2,9	3,6	4,0	2,7	1,9	1,3	0,1	20,5
Простой из-за метелей, сутки	4	4	2	1	-	-	-	-	-	2	4	5	22
Сосредоточенные работы													
Линейные работы													
Разработка мерзлого грунта													

Рис. 56. Дорожно-климатический график (Красноярский край)

фике (рис. 56). На основании анализа климатических условий определяют начало, конец и продолжительность линейных и сосредоточенных работ, а также возможность тех или иных работ по устройству дорожных одежд из различных материалов. Дело в том, что различные виды дорожно-строительных работ можно выполнять только при определенных температурах воздуха, а значит и в определенные сроки. Происходят вынужденные простои во время весенней и осенней распутиц, в дождливые дни (сумма осадков за день больше 5 мм), при больших морозах и сильных метелях зимой. Дата начала весенней распутицы Z_n и ее окончания Z_k определяется по формулам В. М. Сиденко [21]:

$$Z_n = T_0 + 5/\alpha; \quad Z_k = Z_n + 0,7h_{np}/\alpha,$$

где T_0 — дата перехода температуры воздуха через 0°C весной;
 α — климатический коэффициент, характеризующий скорость оттаивания грунта, см/сутки;
 h_{np} — среднемаксимальная глубина промерзания грунта в данном районе, см.

Дата начала осенней распутицы ориентировочно соответствует температуре воздуха $3-5^\circ\text{C}$, а окончания 0°C . Конец весенней распутицы и начало осенней характеризует возможную календарную продолжительность линейных земляных работ [18]:

$$T_p = T - T_{\text{вес}} - T_{\text{ос}} - T_n - T_{\text{вх}},$$

где T — продолжительность строительного сезона;
 $T_{\text{вес}}$ — продолжительность весенней распутицы;
 $T_{\text{ос}}$ — продолжительность осенней распутицы;
 T_n — число нерабочих дней по метеорологическим условиям;
 $T_{\text{вх}}$ — число праздничных и выходных дней.

В связи с тем, что сосредоточенные работы можно выполнять круглогодично, их климатическую продолжительность определяют по формуле

$$T_k = 365 - T_{\text{вес}} - T_{\text{ос}} - T_n - T_m,$$

где T_m — суммарное число дней с метелями.

Таким образом, используя климатический график, данные метеорологических станций и справочной литературы, а также предшествующий опыт строительства в данном районе, составляют ведомость продолжительности строительного сезона для различных видов работ. При курсовом и дипломном проектировании можно использовать и справочные данные для различных территорий СССР.

В табл. VI.1 приведены данные о продолжительности строительных работ в районах основных лесопромышленных зон.

VI.1. Продолжительность строительного сезона при производстве земляных работ в связанных грунтах

Территориальный район и дорожно-климатическая зона	Срок производства земляных работ			Число нерабочих дней										Принятая сменность работ из условий использования светового дня			Расчетная продолжительность сезона, смен
	начало работ	окончание работ	количество календарных дней	выходные и праздничные дни	ремонт и профилактика машин	простои по организационным причинам	внутриобъектные переходы на другие места работ	простои по атмосферным причинам			в марте, октябре	в апреле — сентябре	средний коэффициент, сменности работ				
								число дождливых дней	из них в нерабочие дни	число дней простоев							
итого нерабочих дней													в марте, октябре	в апреле — сентябре	средний коэффициент, сменности работ		
Европейская часть СССР II зона (северная часть) II зона (южная часть) III зона	10/V	10/X	153	23	6	4	3	12	2	10	46	107				1	2
	25/IV	20/X	179	28	8	5	4	14	3	11	56	123	1	2	1,85	228	
	20/IV	30/X	193	31	8	5	4	9	2	7	55	138	1	2	1,85	255	
Западная Сибирь II зона (северная часть) III зона	20/V	30/IX	134	20	6	4	3	17	4	13	46	88	—	2	2,0	176	
	5/V	10/X	157	24	7	4	3	6	1	5	43	114	1	2	1,95	223	
	20/V	30/IX	133	20	6	4	3	9	2	7	40	93	—	2	2,0	186	
Восточная Сибирь I зона (южная часть) II зона (северная часть) III зона	25/V	30/IX	128	20	5	3	2	16	3	13	43	85	—	2	2,0	170	
	10/V	5/X	148	22	6	4	3	3	—	3	38	110	1	2	1,95	214	
	20/V	5/X	138	20	4	3	2	16	4	12	41	97	1	2	1,95	188	
Дальний Восток I зона (южная часть) II зона (южная часть) III зона	1/V	15/X	167	27	7	4	3	20	4	16	57	110	1	2	1,85	204	
	15/IV	5/XI	204	32	9	5	3	18	4	14	63	141	1	2	1,80	254	

Следует иметь в виду, что в таблице приведены данные для больших территорий и при составлении проекта организации работ для конкретной дороги их нужно уточнить по материалам местных метеорологических станций.

§ 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

При строительстве лесовозных дорог, особенно автомобильных, приходится перемещать большие массы различных грузов и вопрос рационального использования транспортных средств приобретает все большее значение.

В зависимости от характера и назначения перевозок транспортные работы в дорожном строительстве разделяются на две группы:

1) транспортные работы, являющиеся частью технологического процесса наряду с другими видами работ (технологический транспорт); сюда относится перемещение грунта на короткие расстояния землеройными машинами, цемента и других материалов к смесительным и дозировочным установкам и т. д.;

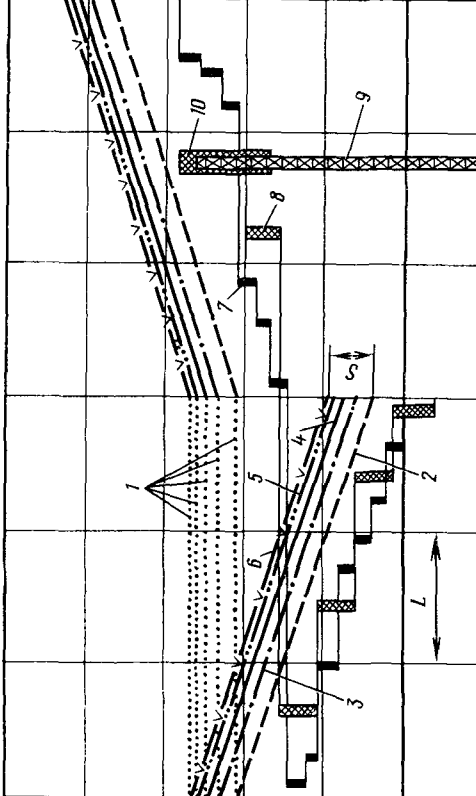
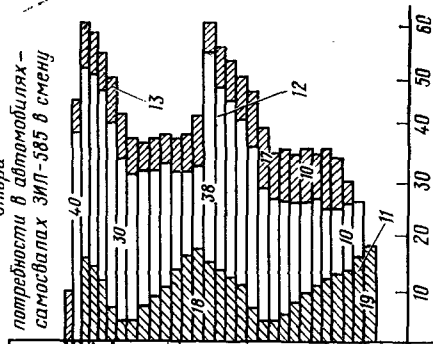
2) транспортные работы по доставке различных материалов и горючего от мест заготовки материалов или с баз снабжения; сюда относятся перевозка дорожно-строительных материалов (гравия, песка) из карьеров на дорогу, битумно-минеральных или других смесей от изготовляющих предприятий на дорогу, материалов по дорогам общего пользования и пр.

При организации транспортных работ следует учитывать сезонные особенности строительства, и для снижения потребности в транспортных средствах летом наибольшие объемы транспортных работ нужно выполнять зимой. В практике внутренних перевозок наибольшее распространение имеет автомобильный транспорт, применение которого является экономически выгодным и рациональным при дальности возки от 10 до 50 км. При коротких расстояниях (до 5—10 км) себестоимость единицы перевозки грузов автомобилями возрастает, а средняя скорость падает, и в этих условиях с автотранспортом успешно конкурируют тракторные поезда с прицепами, которые можно использовать и при плохих дорожных условиях.

Большинство лесозаготовительных предприятий в связи с отдаленностью выполняют все работы собственным транспортом. При повышенной потребности в транспорте целесообразно обеспечить получение дополнительных машин из автохозяйств или других организаций на договорных началах. В связи с тем, что в большинстве случаев приходится иметь дело с постоянным числом автомашин, необходимо при планировании работ предусматривать постоянную и равномерную загрузку всех автомобилей. Особенно важно обеспечить рациональное использование специализированных автомобилей: цементовозов, битумовозов и пр. Их количество невелико и ошибки в планировании

Элюра

потребности в автомобилях – самосвалах ЗИЛ-585 в смену



Смены	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Сентябрь	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Август	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Июль	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Июнь	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Май	80	70	60	50	40	30	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Апрель	50	40	30	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Километры	0	1	4	5,6	9	10	11	14	15	16	19	20	22	24	25	27	29	30															
Схематический план трассы	[Schematic plan of the route with various symbols for road types, construction stages, and terrain features]																																
Искусств. сооружение	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Усл. обознач.	1,5	2,0	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	1,5	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,5	1,5	1,0	1,5	1,5	1,0	1,5	1,5	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	
Диаметр трубы	10,0	8,0	16,0	10,0	20,0	50,0																											
Длина моста																																	
Объем земляных работ, км	8000 - 10000 м³																																
Линейные сооружения земляные	13600 м³ 50500 м³																																
Расход основных дорожно-строительных материалов на 1 км	Среднезернистый асфальтобетон 620 т, щебень 1800 м³, клинец 50 м³, песок 1000 м³, битум 20 т																																

их работы могут вызвать перебои в доставке необходимых материалов.

При поточном строительстве дороги материалы, как правило, вывозят одновременно на несколько участков. При этом транспортные работы характеризуются изменяющейся дальностью перевозок, так как материалы доставляются на разные километры дороги. Особенно значительные колебания требуемой численности машин возникают при выполнении работ комплексным потоком при равномерном и одинаковом темпе всех специализированных потоков (параллельный график). На рис. 57 приведен пример календарного плана-графика выполнения работы по строительству дороги комплексным потоком. Справа от графика помещена эпюра потребности в автомобилях-самосвалах. Как видно из примера, при постоянной и одинаковой скорости всех специализированных потоков за 4 месяца потребность в автомобилях-самосвалах меняется дважды от 19 до 60 и от 37 до 60 машин, не говоря о более мелких колебаниях в потребности машин. Таким образом, при положительной характеристике комплексного потока изменения потребности в автомобилях так велики, что нельзя избежать как простоев автомобилей, так и простоев работы при недостатке транспортных средств. Такое решение нельзя считать верным и путем вариантных решений необходимо изыскивать наиболее правильную организацию строительных работ, устраняющую столь большую неравномерность в числе требуемых автомашин. Для более хорошего использования автопарка можно планировать предварительное создание запасов некоторых материалов на трассе, создание отдельных непараллельных специализированных потоков, введение у некоторых потоков переменной скорости и пр.

Все вывозимые грузы можно разделить на две группы: 1) грузы, имеющие ограничения времени нахождения в пути (например, смеси для дорожной одежды, бетон, растворы); 2) все прочие грузы.

Для обеспечения постоянной потребности в автомобилях материалы первой группы вывозят переменным числом машин в соответствии с требованиями потока; материалы второй группы тоже вывозят переменным числом машин, но с условием, что суммарное число автомашин, работающих на вывозке

Рис. 57. Календарный график комплексного потока при поточном строительстве и эпюра потребности в автомобилях-самосвалах:

S — период развертывания потока, 25 смен; *L* — длина комплексного потока без учета потока по строительству искусственных сооружений, 5000 м; 1 — переход на новое место работы; 2 — земляные работы; 3 — устройство песчаного слоя; 4 — устройство щебеночного основания; 5 — устройство асфальтобетонного покрытия; 6 — устройство поверхностной обработки; 7 — устройство железобетонных труб; 8 — устройство малых и средних железобетонных мостов; 9 — устройство крупных железобетонных мостов; 10 — выполнение сосредоточенных земляных работ; 11 — число автомобилей ЗИЛ-585 в смену на перевозку песка; 12 — число автомобилей ЗИЛ-585 в смену на перевозку щебня и клинца; 13 — число автомобилей ЗИЛ-585 в смену на перевозку асфальтобетонной смеси

материалов обеих групп, не изменяется. По предложению проф. В. М. Могилевича [21], можно применить следующую методику определения необходимого числа автомобилей.

Пусть число автомобилей, требуемых для вывозки смесей для покрытия, равно N_1 и материалов для основания N_2 . Должно соблюдаться условие $N_1 + N_2 = \Sigma N = \text{const}$.

Среднегодовое или среднесезонное число машин, необходимое для вывозки всех материалов на строящуюся дорогу, равно:

$$\frac{Q_{\text{покp}}}{\Pi_{\text{покp}} T_{\text{покp}} n_1} + \frac{Q_{\text{осн}}}{\Pi_{\text{осн}} T_{\text{осн}} n_2} = \Sigma N,$$

где $Q_{\text{покp}}$ и $Q_{\text{осн}}$ — количество смесей и других материалов, подлежащих перевозке для постройки годового или сезонного участка как основания, так

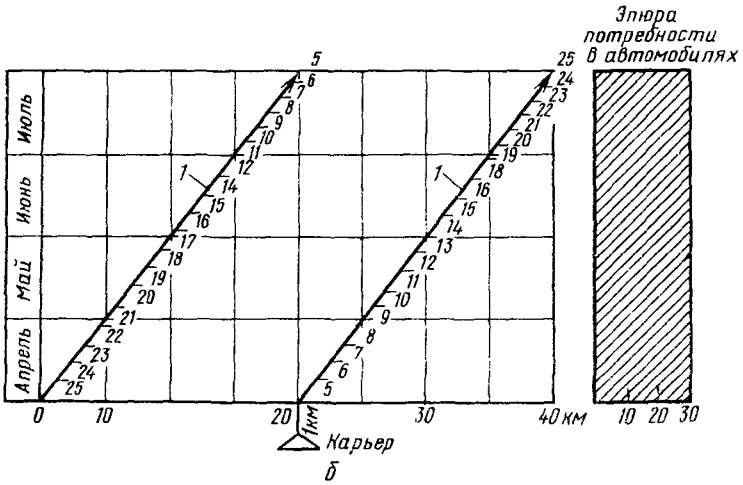
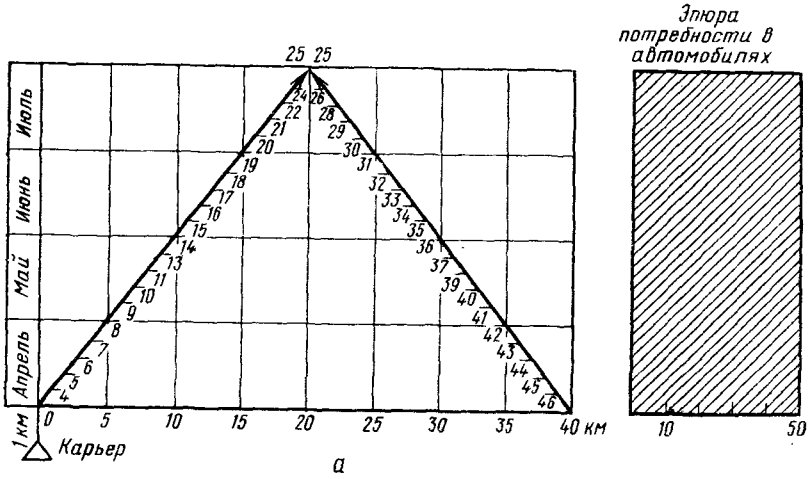


Рис. 58. График вывозки материалов автоколонной постоянного состава: а — из карьера, расположенного в начале участка; б — из карьера в середине участка

и покрытия, t ; $P_{\text{покp}}$ и $P_{\text{осн}}$ — производительность одного автомобиля в смену при средней дальности доставки материала на рассматриваемые участки, t ; $T_{\text{покp}}$ и $T_{\text{осн}}$ — продолжительность действия специализированных потоков по устройству покрытия и основания, сутки; n_1 и n_2 — число смен работы в сутки при устройстве покрытия и основания.

Величину $N_{\text{покp}}$ определяют для каждого дня работы (или километра дороги) по нормам в зависимости от дальности возки.

Число автомобилей, которые обеспечат вывозку материалов для основания для каждой смены, определится как разность

$$N_{\text{осн}} = \Sigma N - N_{\text{покp}}.$$

По полученным значениям строят графики вывозки материалов.

При использовании такой методики полностью ликвидировать изменения в требуемой численности машин не удастся, но эти изменения становятся незначительными и будут происходить либо в начальном, либо в конечном этапах производства работ.

Для создания равномерной потребности в машинах можно организовать вывозку материалов из одного места погрузки одновременно на два участка, обеспечивая ежесменное использование постоянного количества машин. На рис. 58, а показан график организации вывозки гравийной смеси на полотно дороги из карьера, расположенного в начале строящегося участка. Вывозку одновременно начинают на 1-м км и на 40-м км двумя встречными потоками. Ежесменно вывозят одинаковое количество материала на одинаковом числе автомобилей. Число требуемых ежесменно машин показано цифрами на линиях графика. На рис. 58, б приведен второй вариант организации вывозки гравийного материала из карьера, находящегося в центре участка, постоянным числом автомашин. В этом варианте один поток направляют от начальной точки к карьере, а другой от карьера к концу дороги. Таким образом, детальное планирование организации транспортных работ и вариантное проектирование плана организации работ по постройке дороги позволяет более рационально использовать транспорт в дорожном строительстве.

§ 4. СОСТАВЛЕНИЕ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА-ГРАФИКА ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Линейный календарный график является одним из важнейших документов, характеризующих организацию всех строительных работ. Он составляется на основе ранее разработанных для специализированных потоков технологических карт и технологического плана комплексного потока (см. рис. 57).

На линейном календарном графике организации работ точным методом должны быть обязательно отражены такие данные: объемы основных строительных работ, места размещения вспомогательных производственных предприятий и баз, расположение карьеров, календарные сроки строительства, движение комплексного и специализированных потоков в их взаимо-

увязке, места и сроки выполнения сосредоточенных работ, работа транспорта по подвозке строительных материалов.

На календарном плане-графике в условном масштабе откладывают по вертикали время, а по горизонтали протяженность дороги. При поточной организации непрерывно изменяются время и место работ, поэтому каждый поток представляет собой условную точку, перемещающуюся в плоскости координат. След этой точки характеризует работу потока во времени и пространстве. Время обычно откладывают в сутках, а на укрупненных графиках — в неделях. График потока с постоянной скоростью показывается прямой линией; при переменной скорости потока линия имеет меняющуюся кривизну. Конечно, изображение потока одной линией условно, так как отряды и механизмы не сосредоточены в одной точке, а занимают определенный фронт работ. Но и при такой условности график четко показывает организацию работ всех отрядов. Скорость выполнения линейных земляных работ может быть показана линией одного наклона, характеризующей среднюю скорость движения отряда. Но на каждом километре объемы земляных работ различны и поэтому правильнее наносить на график ломаную линию, характеризующую продвижение отряда с учетом переменной величины объемов работ. Работа специализированных потоков по устройству дорожной одежды обычно показывается прямыми линиями, так как при неизменной конструкции дорожной одежды объемы работ на каждом отрезке дороги одинаковы.

Работы, технологически менее связанные друг с другом, могут выполняться одновременно (параллельно), например сосредоточенные земляные работы и строительство искусственных сооружений. Однако как строительство малых искусственных сооружений, так и сроки выполнения сосредоточенных земляных работ ограничены сроками подхода отрядов, выполняющих линейные земляные работы. Если нанесенные линии сосредоточенных работ пересекают наклонные линии линейных работ, то это говорит о недостаточности состава отряда и его производительности.

При разработке линейных планов-графиков нельзя отражать в них только строительные работы. Для реального обеспечения сроков строительства необходимо определить меняющуюся потребность в трудовых и материальных ресурсах по мере продвижения потока. Подсчитывая по горизонтальным линиям, характеризующим тот или другой интервал времени, потребность в рабочих, автомобилях, различных машинах, необходимо построить эпюры движения потребности в рабочих и технических средствах (рис. 59) (на рис. 57 приведена только эпюра потребности в автосамосвалах). Требования наилучшего использования ресурсов и наименьшей стоимости работ удовлетворяют путем вариантного проектирования как технологических карт,

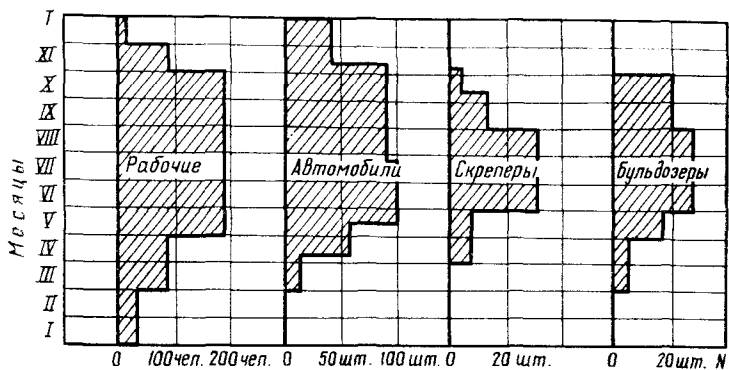


Рис. 59. Эпюра изменения потребности в рабочей силе, в автомобилях, скреперах и бульдозерах в период строительства

так и календарного графика проведения работ. Значение календарного графика состоит в том, что он позволяет привязать каждую работу во времени и пространстве.

§ 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Технико-экономические показатели стоимости строительства дорог зависят от большого количества факторов: рельефа местности, вида грунтов, гидрогеологических условий, наличия дорожно-строительных материалов и потребности в них, степени залесенности и заболоченности местности, по которой проходит дорога, района строительства и районных коэффициентов заработной платы и др. Одним из важнейших показателей, определяющих стоимость дорог, является расход дорожно-строительных материалов на устройство дорожных одежд автомобильных дорог и верхнего строения железных дорог.

Потребность в дорожно-строительных материалах. Потребность в дорожно-строительных материалах для автомобильных дорог определяется главным образом толщиной и конструкцией дорожной одежды. В свою очередь толщина дорожной одежды зависит от вида и интенсивности движения автопоездов, что определяется годовым грузооборотом дорог. Для определения капиталовложений на строительство дорог в Гипролестрансе были установлены зависимости расхода дорожно-строительных материалов от грузооборота лесовозных дорог (табл. VI.2).

В таблице приводится расход гравия для гравийных дорог и расход битума или цемента для дорог, устраиваемых из местных грунтов, укрепляемых минеральным или органическим вяжущим.

При устройстве дорожных одежд из железобетонных плит на 1 км дороги требуются бетона 250—300 м³, металла 20—30 т и значительное количество песка для подстилающего слоя (от 1250 до 2400 м³ в зависимости от ширины земляного полотна и условий местности). Кроме того, для улучшения порожняковой полосы требуется до 500 м³ гравийного материала.

При устройстве дорожных одежд с верхним слоем толщиной 10 см из гравия, обработанного битумом, при ширине дорожной одежды 7 м требуется на 1 км дороги 90 т битума. Для колеяных покрытий из древесины необходимо 450—500 м³ леса (в заготовке) и 2 т поковок.

VI.2. Зависимость расхода дорожно-строительных материалов от грузооборота дорог

Грузооборот, тыс. м ³ вывозимой древесины	Расход гравийного материала, м ³	Расход битума, т	Расход цемента, т
до 150	1150	120	260
151—250	2000	240	340
251—350	3300	400	570
351—500	4600	430	670
501—700	5200	610	820

Для устройства узкоколейных железных дорог требуется, кроме подготовленного земляного полотна, металла в виде рельса 48,1 или 36,2 т в зависимости от типа рельсов (Р24 или Р18), металлических креплений: для рельсов Р24 — 6,66 т и для рельсов Р18 — 4,07 т. Число шпал зависит от принятой в проекте эпюры раскладки. Объем балластного материала составляет от 500 до 700 м³ на 1 км пути. В качестве балластного материала для строительства лесовозных железных дорог применяется песок кварцевых пород с зернами от 0,1 до 3 мм, гравий рядовой размером от 0,1 до 60 мм и щебень твердых пород размером от 25 до 70 мм. Наличие в балластном материале зерен меньше 0,1 мм сильно снижает водопропускную способность балласта, в связи с чем число таких зерен не должно превышать 10% по весу для песчаных балластов и 6% для гравийного материала. Глинистых частиц допускается не больше 2%.

Стоимость строительства лесовозных дорог. Стоимость строительства каждой лесовозной дороги определяется по смете, составленной проектной организацией и учитывающей все конкретные условия строительства. Однако к настоящему времени накоплен достаточный опыт проектирования и строительства различных лесовозных дорог, позволивший проектному институту Гипролестранс установить приближенно нормативные по-

казатели стоимости дорог различных типов, которые используются при выборе и обосновании различных видов дорог и в технико-экономических расчетах. В табл. VI.3 приведена стоимость строительства 1 км лесовозных автомобильных дорог для первого территориального района (Московская область) в единых базисных ценах 1969 г. Для перехода к условиям других районов нужно использовать средние порайонные переходные индексы, подробная таблица которых имеется в Технико-

VI.3. Стоимость строительства лесовозных автомобильных дорог, тыс. руб., из гравия и железобетонных плит

Средняя дальность перевозки гравийного материала и песка, км	Тип покрытия дороги								
	Щебеночное и гравийное, обработанное битумом	Гравийное			Колейное из сборного железобетона				
		Магистраль		Ветка	Магистраль		Ветка		
	Ширина земляного полотна, м								
	10	10	8	5,5	5,0	10	8	5,5	5,0

I категория местности

3—5	47,6	25,1	18,7	13,5	10,8	38,3	34,8	31,6	24,5
16—20	58,0	28,4	21,1	15,3	12,5	40,8	37,0	34,0	24,5

II категория местности

3—5	53,5	31,5	24,1	18,3	14,8	42,5	41,7	38,9	33,0
16—20	63,9	34,8	26,5	20,1	16,5	48,4	44,4	42,3	35,3

III категория местности

3—5	57,1	35,1	27,2	20,4	16,4	49,4	44,8	41,1	34,7
16—20	67,5	38,4	29,6	22,2	18,1	52,5	47,5	44,5	35,9

экономических показателей (ТЭП) для проектирования лесозаготовительных предприятий Гипролестранса [61]. Для большинства лесозаготовительных районов размер переходных индексов находится в интервале 1,1—1,6, причем такой диапазон изменения коэффициентов имеется и в пределах одной области для различных подрайонов. В то же время на территории Сахалинской области этот коэффициент равен 1,64—1,81, а на Камчатке 2,40—2,83.

Приводимые в таблицах VI.3 и VI.4 стоимости даны для трех категорий местности, а точнее для трех групп показателей, определяющих условия строительства:

I категория местности — равнинная и слабохолмистая местность с заболоченностью до 20% и благоприятными гидрогеологическими условиями с песчаными и супесчаными грунтами;

II категория — пересеченная местность (вне зависимости от рода грунтов), а также равнинная или слабохолмистая

местность при пылеватых и суглинистых грунтах с заболоченностью до 20%;

III категория — равнинная или слабохолмистая местность с заболоченностью свыше 20%. Показатели стоимости приводятся при различном расстоянии подвозки песка и гравийного материала (от 3—5 км до 16—20 км) и при различной ширине

VI.4. Стоимость строительства автомобильных лесовозных дорог из грунтов, укрепленных вяжущими, грунтогравийных и зимних в тыс. руб. за 1 км

Тип дороги	Категория местности	Ширина земляного полотна, м			
		Магистраль			Ветка
		10	8	5,5	
Дорожная одежда из грунта, обработанного цементом	I	30,5	24,9	17,6	14,5
	II	38,4	31,6	23,2	19,5
	III	42,1	34,7	25,3	21,1
Дорожная одежда из грунта, обработанного битумом	I	37,5	30,6	21,3	18,2
	II	46,6	38,3	28,1	23,9
	III	50,2	41,3	30,3	25,5
Грунтогравийные дороги *	I	—	—	10,7—11,0	8,4—8,7
	II	—	—	15,5—15,8	12,4—12,7
	III	—	—	17,7—18,0	14,0—14,3
Грунтовая, без улучшения проезжей части или при грунтах земляного полотна близких к оптимальным	I	—	—	—	6,6
	II	—	—	—	10,6
	III	—	—	—	12,2
Дороги только зимнего действия	I	—	2,9	—	—
	II	—	4,6	—	—
	III	—	4,3	—	—

* Первая цифра относится к расстоянию подвозки гравия на 3—10 км, вторая — к расстоянию 11—20 км.

земляного полотна, которая соответствовала ранее принятому делению лесовозных дорог на категории.

В табл. VI.3 и VI.4 стоимость строительства автомобильных дорог определялась для условий строительства в грунтах II и III групп при разработке грунтов (соответственно) экскаватором и бульдозером. При определении стоимости строительства дорог не учитывалась стоимость строительства мостов длиной более 25 м, уборки валунов с поверхности дорожного полотна, строительства подъездных дорог к карьерам протяжением более 2 км и транспортировки железобетонных плит по железной дороге, воде или автомобильной дороге. С учетом указанных выше исключений стоимость дорог еще более возрастает.

VI.5. Стоимость строительства лесовозных железных дорог колеи 750 мм (тыс. руб.)

Показатели	Категория местности		
	I	II	III
Стоимость 1 км пути магистрального при грузо- обороте дороги более 600 тыс. м ³ и локомотивами с нагрузкой на ось 60—70 кН, тыс. руб.	36,8	45,5	50,0
Стоимость 1 км магистрального пути при грузо- обороте 201—600 тыс. м ³ , тыс. руб.:			
локомотивами с нагрузкой на ось 60—70 кН	34,3	42,8	47,3
локомотивами с нагрузкой на ось 45 кН	33,8	42,4	46,3
Стоимость 1 км магистрального пути при грузо- обороте меньше 200 тыс. м ³ и локомотивах с на- грузкой на ось 45 кН	26,9	31,4	33,3
Стоимость станционных путей зданий, отнесен- ная на 1 км магистралей, тыс. руб.:			
при локомотивах с нагрузкой на ось 60—70 кН	5,3	5,6	5,9
при локомотивах с нагрузкой на ось 45 кН	4,3	4,6	4,9
Стоимость 1 км ветки при локомотивах с нагруз- кой на ось 60—70 кН при сроке службы:			
более 5 лет	21,4	24,2	25,5
до 5 лет	21,3	21,6	21,8
Стоимость 1 км ветки при локомотивах с нагруз- кой на ось 45 кН при сроке службы:			
более 5 лет	18,2	23,8	25,1
до 5 лет	20,5	20,7	21,5

Стоимость железных дорог колеи 750 мм по нормативам Гипролестранса приведена в табл. VI.5. В этой таблице указана стоимость 1 км магистральных путей без станционных путей и зданий и отдельно стоимость станционных путей и зданий, отнесенных на 1 км магистрального пути. Все данные приведены для тех же трех категорий местных условий, которые указывались выше. Так как типы рельсов и число шпал зависят от нагрузки на ось локомотивов, то данные о стоимости приведены раздельно для локомотивов с нагрузкой на ось 60—70 кН и 45 кН.

В приведенных в табл. VI.5 данных также не учитывалась стоимость строительства мостов длиннее 25 м, строительства депо и уборки валунов с дорожной полосы. Эти работы учитываются отдельно по их сметной стоимости. Для дорог III категории и веток стоимость определялась с учетом строительства на этих дорогах деревянных мостов.

Приведенные материалы, конечно, не учитывают всех местных условий. В связи с введением в действие новых нормативов, предусматривающих для автомобильных дорог с большими грузооборотами ширину земляного полотна 10,5 и 12 м, стоимость автомобильных дорог, имеющих грузооборот свыше 500 тыс. м³, еще более возрастет.

Часть вторая. СТРОИТЕЛЬСТВО ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Глава VII. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЯХ

§ 1. ВИДЫ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ И ИХ КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Трасса лесовозной дороги, проходя по местности, встречает на своем пути различные природные препятствия: ручьи, реки, суходолы, овраги, долины, болота и др. Для прохождения дороги через такие препятствия устраивают мосты, водопропускные трубы, лотки, эстакады, фильтрующие насыпи и т. п., которые называются искусственными сооружениями.

Искусственные сооружения — технически сложная и дорогостоящая часть строящихся дорог. Расходы на строительство искусственных сооружений автомобильных дорог, прокладываемых в равнинной местности, составляют около 10% стоимости постройки дороги, в горной и сильно пересеченной местности — до 25%.

В зависимости от назначения искусственные сооружения получили различные названия.

Труба — простейшее сооружение (рис. 60, а), укладываемое в тело земляной насыпи и предназначенное для пропуска небольших постоянных или временных водотоков при отсутствии селевых потоков, ледохода и корчехода. Благодаря земляной насыпи над трубой дорога над ней не прерывается, что способствует постоянной скорости движения лесовозных поездов.

На трубы расходуется мало материалов, устройство их простое, поэтому стоимость и трудоемкость работ значительно ниже, чем при постройке мостов для пропуска тех же расходов воды, особенно при высоких насыпях.

Лоток — простейшее сооружение для пропуска воды через полотно дороги на периодически и постоянно действующих водотоках с расходом воды до 4 м³/с. Иногда мелкие лотки с отверстием менее 0,75 м устраивают на косогоре (с нагорной стороны) и межшпальном пространстве УЖД.

Мост — это сооружение, предназначенное для проложения дороги через водную преграду (рис. 60, б). При прохождении моста над другой дорогой, его называют путепроводом. При замене высокой и дорогостоящей насыпи мостом его называют эстакадой, с тем чтобы нижележащее пространство могло быть использовано для проезда и других целей. Кроме того, эстакады возводят в сильно заболоченных местах и под

транспортерами, например для подачи бревен на второй этаж лесопильного цеха. Высокий мост через глубокое ущелье или овраг называется виадуком. В эту же группу искусственных сооружений входит акведук, предназначенный для пропуска

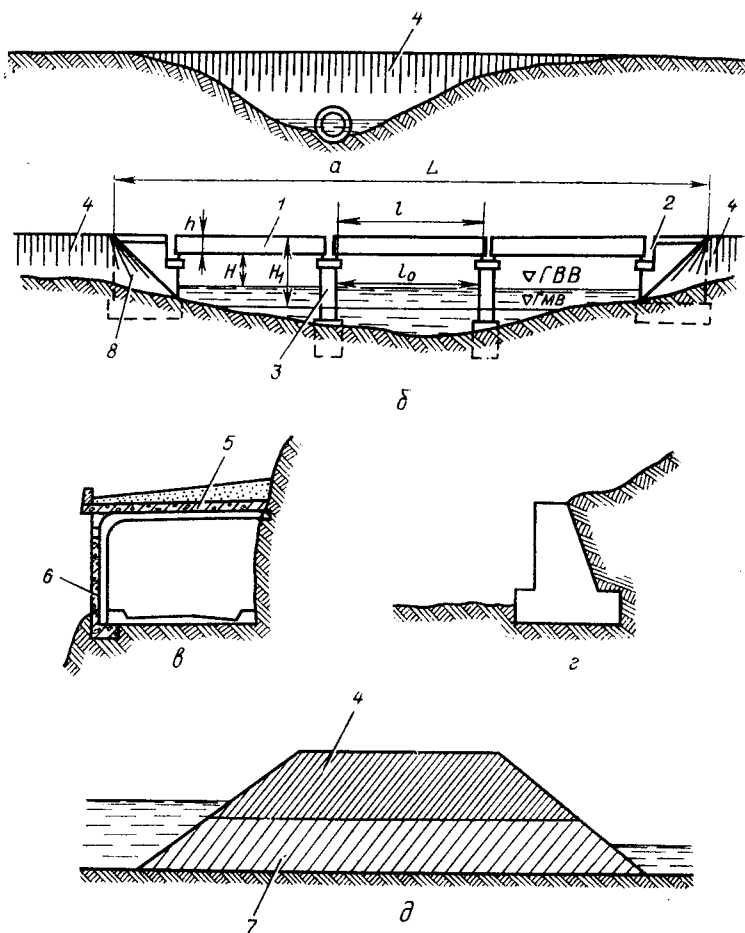


Рис. 60. Схемы основных искусственных сооружений:

a — труба; *б* — мост; *в* — противообвальная галерея; *г* — подпорная стенка; *д* — фильтрующая насыпь; *1* — пролетные строения; *2* — береговая опора (устой); *3* — промежуточная опора (бык); *4* — земляная насыпь; *5* — несущее перекрытие; *6* — наружная стена; *7* — фильтрующая часть; *8* — конус насыпи

различных трубопроводов через преграды (например, через УЖД).

При вывозке леса в горной местности нередко устраивают галереи (рис. 60, *в*), предохраняющие дорогу от каменных и снежных лавин, балконы и подпорные стенки

(рис. 60, *г*), предназначенные для поддержания откосов насыпей на крутых косогорах, для ограждения от подмыва конусов насыпи и откосов дамб возле мостов.

При отсутствии ледохода и малом расходе воды (не более $10 \text{ м}^3/\text{с}$) вместо труб устраивают фильтрующие насыпи (рис. 60, *д*) — каменные наброски, располагаемые на всю ширину тела насыпи дороги и предназначенные для пропуска воды (вместо труб и лотков). Для устройства фильтрующей прослойки применяют крупнообломочный материал (булыжник или рваный камень) размером 20—50 см в поперечнике. Высота каменной наброски должна быть выше наивысшего возможного горизонта водотока не менее чем на 25—30 см.

Преимуществом фильтрующих насыпей является относительно быстрое их устройство в любое время года, долговечность и короткие сроки восстановления в случае разрушения. К недостаткам относятся малая водопропускная способность, что приводит к возведению довольно больших по размерам набросок, появление подпора, которое может привести к заполнению и подтоплению значительных площадей около дороги, и быстрая заиляемость сооружения. Для защиты каменной наброски от засорения вышележащим грунтом насыпи устраивают изолирующий слой из мелкого щебня, гравия и каменной мелочи.

Паромная переправа имеет пристани на обоих берегах реки и плавучий паром, предназначенный для перевозки грузов и пешеходов. Ее устраивают на дорогах со слабым движением, но при пересечении крупных водотоков.

Мост является наиболее сложным искусственным сооружением, поэтому рассмотрим его конструкцию более подробно.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И СИСТЕМЫ МОСТОВ

Классификация мостов. По назначению (роду нагрузки) мосты бывают железнодорожные (для дорог нормальной и узкой колеи), автомобильные, пешеходные и смешанного типа (комбинированные).

По материалу пролетного строения различают деревянные, металлические, железобетонные, каменные и смешанные (материал опор и пролетных строений различен) мосты.

По величине пролета: до 15 м — мосты малых пролетов, более 15 м — мосты больших пролетов.

По величине сооружения: малые — размером до 25—30 м, средние — размером от 30 м до 100 м и крупные — более 100 м.

По количеству пролетов: однопролетные, имеющие только две опоры по концам, и многопролетные, имеющие еще и промежуточные опоры.

По уровню расположения проезжей части: по верху пролетных строений (рис. 61, *д*); по низу пролетных строений (рис. 61, *е*); в пределах высоты пролетного строения (рис. 61, *ж*).

По сроку службы: временные (до 5 лет), капитальные (более 5 лет).

Системы мостов. По виду главных несущих конструкций (характеру работы под нагрузкой пролетных строений и опор) различают четыре основные системы мостов: балочную (рис. 61, *а*), арочную (рис. 61, *б*), рамную (рис. 61, *в*) и висячую (рис. 61, *г*).

Кроме простых систем применяют различные виды подкосных систем.

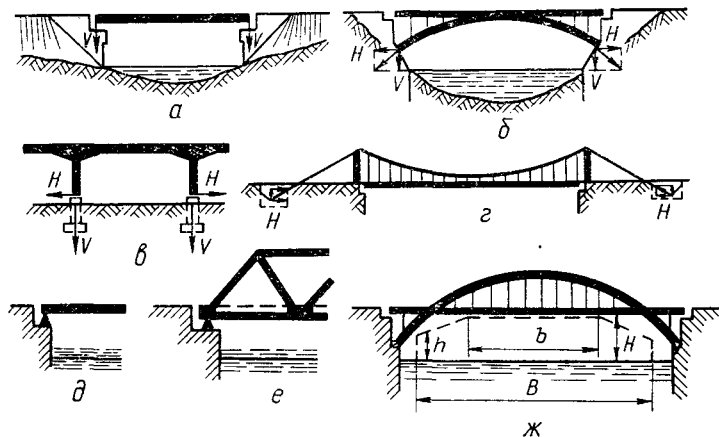


Рис. 61. Схемы мостов:

а, *б*, *в*, *г* — по виду главных несущих конструкций; *д*, *е*, *ж* — по уровню расположения проезжей части

Подкосная система представляет собой балку, опертую подкосами различных типов.

В зависимости от условий эксплуатации и конструктивных особенностей мосты разделяются на следующие типы: обычные (высокого уровня), разводные, наплавные. При пересечении рек с резким колебанием горизонтов воды дорогами со слабым движением (малым грузооборотом) между берегами устраивают парную переправу.

Мосты обычного типа (высоководные) возводят на такой высоте над уровнем реки, чтобы они могли свободно пропускать высокие воды и не препятствовать судоходству или сплаву.

Мосты, имеющие небольшое возвышение над горизонтом меженных вод, называют низководными. Они не способны пропускать высокие воды и при проходе паводков затопляются (или же их разбирают). Низководные мосты строят для кратковременной связи между берегами, например, на время строительства постоянного моста, или для освоения небольших участков лесных массивов.

Разводные мосты называют мостами пониженного типа. Низ пролетных строений настолько опущен к воде, что препятствует судоходству. Для пропуска судов устраивают специальный разводной пролет. Недостатком разводных мостов является неизбежность перерывов движения по мосту при разведенном пролете и невозможность пропуска судов при закрытом разводном пролете.

Наплавные мосты имеют плавучие опоры из плотов, понтонов или барж, поддерживающие опирающиеся на них пролетные строения. Наплавные мосты применяют на широких и глубоких реках, когда постоянные опоры очень дороги и стоимость строительства всего моста не оправдывается ожидаемой интенсивностью движения по нему. Мосты такого типа устраивают также для временной связи между берегами. Для пропуска судов предусматривают выводные секции. На время ледохода наплавные мосты разбирают.

Элементы моста. Любой мост состоит из опор 2, 3 (см. рис. 60, б) и пролетного строения 1, поддерживающего проезжую часть с тротуарами. Опоры (береговые и промежуточные) воспринимают давление от пролетных строений и ездового полотна и передают это давление на грунт.

В состав пролетного строения входят проезжая часть и главные несущие элементы (фермы, балки, прогоны и др.), опирающиеся на опоры. Насыпь при подходе к мосту кончается конусом, в который на 0,5—0,7 м входит береговая опора, называемая устоем.

Промежуточные опоры, поддерживающие пролетное строение, называются быками.

По длине мост имеет следующие основные размеры (см. рис. 60, б): полную длину моста L равную расстоянию между задними гранями устоев, расчетный пролет l равный расстоянию между осями соседних опорных частей пролетных строений и пролет в свету l_0 равный расстоянию между гранями этих же опор, принимаемый на уровне расчетного горизонта высоких вод (ГВВ).

Отверстие моста — свободная ширина зеркала воды под мостом: в однопролетных мостах l_0 , в многопролетных $\Sigma l_0 = L_0$ (на уровне ГВВ). Для деревянных мостов с конусами отверстие считают по средней линии между ГВВ и ГМВ (горизонта межженных вод летом и зимой).

По высоте моста (см. рис. 60, б) различают:

строительную высоту h — расстояние от поверхности проезжей части до низа пролетного строения;

высоту моста H_1 — расстояние от поверхности проезжей части до ГМВ;

свободную высоту под мостом H — расстояние от низа пролетного строения до ГВВ или РСГ (расчетного судоходного горизонта). Величина H должна быть достаточной для

безопасного пропуска высокой воды, ледохода, а на судоходных реках для пропуска судов.

По ширине моста различают полную ширину — расстояние между внутренними гранями перил; ширину пролетного строения — расстояние между продольными осями крайних несущих конструкций; ширину проезжей части — расстояние между бордюрными камнями или колесоотбойными брусками.

Основные отметки по высоте моста: верха полотна проезжей части, низа пролетного строения; горизонта высоких и меженных вод (ГВВ и ГМВ); обреза и подошвы фундамента.

§ 3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ИСКУССТВЕННЫМ СООРУЖЕНИЯМ

Искусственные сооружения на лесовозных дорогах являются ответственными инженерными сооружениями, которые должны удовлетворять требованиям производственного, эксплуатационного, расчетно-конструктивного, экономического и архитектурного характера.

Производственные и эксплуатационные требования заключаются в том, что движение по мосту или другому искусственному сооружению должно быть удобным, безопасным и беспрепятственным, без снижения скорости. Ширина проезжей части и тротуаров сооружения должна соответствовать расчетной пропускной способности с учетом перспективы роста грузооборота.

Полотно проезжей части должно быть выполнено из прочного износостойкого материала. Необходимо вовремя и надежно организовать отвод воды с поверхности искусственного сооружения, а также при пересечении двух искусственных сооружений с тем, чтобы стекающая вода с одного сооружения не подмывала конструкцию другого.

Конструкция моста, величина пролетов и возвышение нижних конструкций над горизонтом воды в реке должны обеспечивать безопасный пропуск паводков, ледохода, лесосплава и удовлетворять требованиям судоходства.

Все конструкции сооружения должны обеспечивать длительный срок службы и возможность удобного доступа для их осмотра в процессе эксплуатации. Предпочтение следует отдавать тем материалам, которые в процессе эксплуатации сооружения требуют минимальных эксплуатационных затрат на его содержание и ремонт в конкретных условиях.

Искусственные сооружения должны отвечать современным требованиям индустриального изготовления и механизированного возведения, что обеспечит быстрые темпы строительства при высоком качестве работ.

Расчетно-конструктивные требования сводятся к тому, чтобы сооружение в целом и отдельные его элементы были прочными,

жесткими и устойчивыми. Выполнение этих требований обеспечивается методом расчета конструкций по предельным состояниям.

Экономические требования заключаются в правильном выборе при проектировании такого решения (на основе вариантного проектирования), при котором затраты капитальным расходе материалов и невысокой трудоемкости работ. Однако следует иметь в виду, что при рассмотрении возможных вариантов следует учитывать не только первоначальные расходы, но и сроки службы, эксплуатационные условия, расходы на содержание и ремонт.

Архитектурные требования заключаются в том, чтобы искусственное сооружение гармонически было увязано с окружающей местностью и имело возможно лучший вид. Архитектурные требования должны быть увязаны со строительно-техническими.

§ 4. СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Создание искусственных сооружений неразрывно связано со строительством новых и реконструкцией существующих лесовозных дорог.

Непрерывное развитие лесозаготовок в новых районах нашей страны требует строительства благоустроенных дорог и мостов под интенсивно обращающиеся тяжелые нагрузки. Не меньшее значение имеет реконструкция существующих дорог, на которых насчитываются десятки тысяч деревянных мостов небольшой грузоподъемности. Кроме этого, имеются районы со специфическими условиями строительства, где встречаются горные реки с быстрым течением и резким колебанием воды.

Решение этих задач связано с большим масштабом строительства искусственных сооружений, основой которого должны быть максимальная индустриализация строительного процесса и рост производительности труда.

Для строительства искусственных сооружений используют различные виды материалов.

Деревянные мосты при использовании цельной древесины могут быть применены только для перекрытия пролетов до 11 м. Поэтому сейчас стали применять деревянные балочные мосты из клееной древесины, позволяющие перекрывать пролеты до 24—30 м.

Деревянные трубы не рекомендуется устраивать на лесовозных дорогах со сроком службы более 5 лет, в дальнейшем их совсем не будут применять.

Мосты и трубы из естественного камня целесообразно применять только в горных районах, где он является местным

строительным материалом. При этом следует учитывать, что возведение искусственных сооружений из камня очень трудоемко.

Особое внимание следует уделять более широкому применению искусственных сооружений из сборных железобетонных конструкций, изготавливаемых в заводских условиях или на хорошо оснащенных полигонах. Для некоторых лесных районов страны целесообразно сочетание бетонных или железобетонных, иногда деревянных опор с пролетными строениями, выполненными из клееной древесины или металла, позволяющих перекрывать относительно большие пролеты.

Области применения искусственных сооружений в соответствии с проектом норм лесозаготовительных предприятий определяются назначением дороги и возможностью перекрытия пролета из того или иного материала.

На лесовозных автомобильных магистралях рекомендуется проектировать сборные железобетонные трубы (или из гофрированного металла) и постоянные деревянные мосты со степенью капитальности, обеспечивающей нормальную их эксплуатацию не менее 20—25 лет. Для деревянных мостов пролетные строения длиной от 9 до 18 м следует проектировать с применением балок из клееной древесины.

Капитальные мосты (железобетонные и сталежелезобетонные) допускается проектировать на судоходных, сплавных реках и на реках с сильным ледоходом и корчеходом. На дорогах, допускающих перерывы движения, могут предусматриваться паромные и ледовые переправы в местах, где течение в реке не более 1 м/с.

На лесохозяйственных автомобильных дорогах при малых расходах воды (3—4 м³/с) и незначительном количестве взвешенных частиц грунта в воде разрешается устраивать фильтрующие насыпи, а при узких логах и больших расходах воды — комбинированные сооружения, состоящие из фильтрующей насыпи и трубы.

На водотоках с периодическим дождевым стоком можно проектировать сооружения лоткового типа:

брод-лотки на периодически действующих водотоках без твердого стока;

лотки с отверстием на водотоках с постоянным горизонтом меженных вод или при твердом стоке на распластанных логах с хорошо выраженным руслом (арыки, каналы и т. п.);

брод-лотки в сочетании с устраиваемыми под ними трубами.

На лесовозных железных дорогах колеи 750 мм в качестве водопропускных сооружений следует устраивать постоянные деревянные мосты и при соответствующем технико-экономическом обосновании сборные железобетонные и сборные металлические гофрированные трубы. Пролетные строения длиной более 9 м следует проектировать из металлических балок.

Металлические, железобетонные и бетонные конструкции мостов и труб на дорогах всех типов для районов строительства с расчетной температурой воздуха ниже -40°C следует проектировать в «северном» исполнении, с соблюдением повышенных требований к материалам и конструкциям, предусматриваемых соответствующими нормативами.

Глава VIII. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

§ 1. СОСТАВЛЕНИЕ ВАРИАНТОВ И РАЗБИВКА МОСТА НА ПРОЛЕТЫ. СУДОХОДНЫЕ И СПЛАВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ. ГАБАРИТЫ

При проектировании наиболее ответственной задачей является выбор рациональной схемы моста. Выбор схемы моста зависит от ряда местных условий строительства: рельефа берегов реки, геологического строения русла, водного режима реки, расхода и стоимости строительных материалов и рабочей силы, производственной мощности и оснащенности механизмами строительной организации или лесозаготовительного предприятия.

Выбор рациональной схемы моста обосновывают сравнением нескольких вариантов, отвечающих основным требованиям для мостового перехода (габариты мостовые и подмостовые, нагрузки и т. д.).

В деревянных мостах небольших пролетов (в пределах 12 м) многие показатели вариантов оказываются одинаковыми и поэтому сравнение производят главным образом по расходу материалов и трудоемкости изготовления и монтажа конструкций. Для сравнения по этим показателям можно составлять не подробные, а схематические чертежи вариантов, а расход материалов и трудоемкость определять по укрупненным показателям справочников [57, 48] или по данным типовых проектов.

При составлении схемы моста определяют величину отверстия L_0 и общую длину L . При разбивке и назначении схемы моста величины расчетных пролетов назначают, придерживаясь унифицированных размеров. Так, в типовом проекте Гипролестранса для деревянных мостов на автомобильных лесовозных дорогах установлены пролеты: 4,5; 6; 9 и 11,5 м, расход материалов на которые приведен в табл. IX.3—IX.5; для металлических пролетных строений — пролеты 12, 15, 18, 24 и 33 м (табл. XI.3); для деревянных мостов под лесовозные дороги на УЖД приняты пролеты 3; 4,5; 6 и 7,5 м.

При разбивке моста величина пролета и расположение опор в русле зависят от режима реки, силы ледохода, а для судоходных и сплавных рек — от наличия судоходства и лесосплава.

Количество материалов, требуемое на пролетные строения, складывается из объемов, идущих на главные его несущие конструкции (балки, прогоны, фермы и т. д.), и объемов, составляющих проезжую часть моста.

Затраты материалов (при прочих равных условиях) на 1 пог. м проезжей части не зависят от пролета несущей конструкции. Затраты же материалов на 1 пог. м главных несущих конструкций пролетного строения приблизительно пропорциональны их пролету. Поэтому наиболее выгодная разбивка моста на пролеты (т. е. наименьшая стоимость моста) будет при равенстве стоимости одного пролетного строения (без учета проезжей части) и стоимости одной опоры, а для деревянных мостов примерно при равенстве объемов древесины на все пролетные строения и все опоры.

В мостах по длине различают две части: речную, расположенную над основным руслом (в пределах ГМВ) в наиболее глубокой его части, и пойменную, расположенную на участках, затапливаемых высокими водами.

Пролеты, необходимые для судоходства и лесосплава, располагают в основном русле (т. е. в наиболее глубокой части реки), а величину несудоходных и пойменных пролетов назначают из условия равенства объема древесины на пролетные строения и опоры. При этом необходимо, чтобы судоходные и лесосплавные пролеты имели достаточные подмостовые габариты, т. е. обеспечивали бы свободный пропуск судов и лесосплава.

Подмостовым габаритом называют предельное очертание пространства под мостом, внутрь которого не должны вдаваться никакие элементы моста и устройства на нем.

Подмостовые габариты принимаются в зависимости от класса реки и требований судоходных и сплавных организаций в соответствии с нормами НСП 103—52. По этим нормам внутренние водные пути разделяются на семь классов, для каждого из которых устанавливаются подмостовые габариты (табл. VIII.1), очертание которых пунктиром показано на рис. 61, ж. Ширина габарита B должна соблюдаться при меженном судоходном горизонте. Высоты подмостового габарита H и h отсчитывают от расчетного судоходного горизонта воды (РСГ), на сплавных реках за расчетный уровень принимают наивысший сплавной горизонт.

В многопролетных мостах должно быть не менее двух судоходных пролетов, устройство одного судоходного пролета допускается при недостаточной ширине реки, а также в разводных, наплавных и временных мостах. Если на реке имеются и судоходство и лесосплав, то судоходный пролет низового направления принимают несколько большим, чем взводного. При отсутствии или ограниченных размерах лесосплава величину обоих судоходных пролетов принимают, как для пролета взводного

VIII.1. Подмостовые габариты на судоходных и сплавных реках

Класс внутренних водных путей	Глубина судового хода в реке, м		Ширина габарита В, м	
	гарантируемая	средняя за навигацию	для пролетов низового направления движения при наличии лесосплава	для пролетов взводного направления при наличии лесосплава; для обоих направлений при отсутствии или ограниченных размерах лесосплава
I	Более 2	Более 3	Не менее 140	Не менее 120
II	1,6—2,6	2,4—3,0	140	100
III	1,1—2,0	1,65—2,4	120	80
IV	0,8—1,4	1,35—1,65	80	60
V	0,6—1,1	1,0—1,35	60	40
VI	0,45—0,8	0,75—1,0	40 (30)	20
VII	Менее 0,6	Менее 0,75	20 (10)	10 (9)

Примечание. В скобках показаны допускаемые размеры подмостовых

направления. Если в мосту делают только один судоходный пролет, то размеры габарита при наличии лесосплава принимаются, как для пролета низового направления (см. табл. VIII.1).

Если река только сплавная (обычно это реки VI и VII классов), то величина пролета назначается в зависимости от вида сплава и назначения моста: при сплаве в плотях пролет 20 м для постоянных мостов и 16 м для временных; при мольевом сплаве соответственно 9 и 6 м.

Наименьшее возвышение низа пролетных строений над уровнем воды принимают: в несудоходных и несплавных пролетах судоходных и сплавных рек — не менее 0,75 м над расчетным паводковым горизонтом; на прочих реках — не менее 0,25 м над расчетным горизонтом с учетом высоты волны. Над наивысшим горизонтом ледохода во всех случаях — не менее 0,75 м, а над расчетным горизонтом при наличии на реке заломов или корчехода — не менее 1 м.

Мостовым габаритом, или габаритом приближения конструкций, называют контур, необходимый для беспрепятственного пропуска по мосту подвижных транспортных средств и пешеходов, внутрь которого не должны вдаваться никакие части сооружения.

Мостовые габариты подразделяются на автодорожные (рис. 62, а, б) и железнодорожные узкой колеи (рис. 62, в).

Габариты мостов на автомобильных дорогах обозначают буквой Г (табл. VIII.2) и числом, соответствующим ширине в метрах проезжей части между бордюрами или колесоотбойными брусками.

Временные мосты для обоих направлений движения, м	Протяжение повышенной части габарита b	Высота габарита, м		
		в средней части H	у опор	
			постоянные мосты	временные мосты
—	Для водных путей I, II, III классов $b = \frac{2}{3}B$, если колебания навигационных уровней воды не превышают 4 м; при больших колебаниях навигационных уровней и для водных путей IV—VII классов $b = 0,5B$	13,5	5,0	—
—		12,5 (10)	4,0	—
—		10	3,5	—
50		10 (7)	2,5	1,5
30		7	2,0	1,5
20		3,5	1,5	1,0
—		3,5 (1,5)	1,0	—

габаритов на реках только с молевым сплавом.

При устройстве разделительной полосы к обозначению габарита добавляют ее ширину, обозначаемую буквой С [например, Г — (7+С+7)].

Ширина тротуаров Т назначается кратной 75 см, его пропускная способность — 1000 пешеходов в час. Ширину однопо-

VIII.2. Габариты мостов на лесовозных автомобильных дорогах

Вид дороги	Расстояние в свету (см. рис. 62), м		
	Г — между бордюрами (габарит)	между элементами конструкций на высоте	
		4,5 м от верха проезжей части А	3 м от верха проезжей части Б
Магистраль лесовозных дорог категорий IIIЛ, IVA	9	8	9,5
То же категории IVБ	8	7	8,5
Хозяйственные дороги	7	6	7,5
Ветки, усы V категории	4,5	3,5	5

лосных тротуаров, примыкающих непосредственно к проезду, принимают равной 1 м.

При устройстве путепроводов и эстакад через автомобильные дороги или городские улицы необходимо соблюдать габариты пропускаемой под ними дороги. Для пропуска под авто-

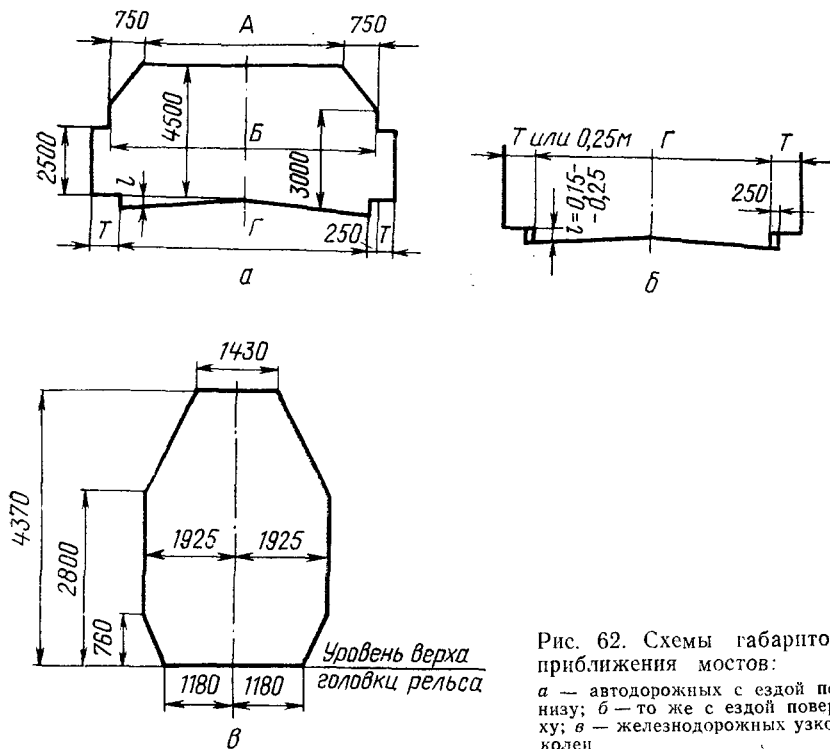


Рис. 62. Схемы габаритов приближения мостов:
а — автодорожных с ездой понижу; *б* — то же с ездой поверху; *в* — железнодорожных узкой колеи

мобильной дорогой местных полевых дорог наименьшее отверстие должно составлять 6 м в ширину и 4,5 м в высоту, а для скотопрогонов — соответственно 4 и 2,5 м.

§ 2. НАГРУЗКИ

Искусственные сооружения подвергаются действию различных видов нагрузок. Расчет конструкций искусственных сооружений производят на наиболее невыгодные сочетания нагрузок, возможные (по вероятности их совпадений) при строительстве и эксплуатации. Различают основные, дополнительные и особые сочетания нагрузок.

Основные сочетания включают постоянные, временные (подвижные) вертикальные нагрузки, давление грунта от действия подвижной вертикальной нагрузки и горизонтальную поперечную нагрузку от центробежной силы.

Дополнительные сочетания включают одну или несколько нагрузок основных сочетаний с одной или несколькими из остальных нагрузок, кроме сейсмической и строительной-монтажной, если действие этих нагрузок носит случайный характер, а одновременность действия их маловероятна.

Особые сочетания включают сейсмическую или строительные нагрузки совместно с другими нагрузками или без них.

Постоянные нагрузки. Нормативная вертикальная нагрузка от собственного веса сооружения или его элементов определяется по действительным или предварительно назначенным размерам, как произведение объема конструкций на массу материала γ .

Нормативное давление от собственного веса грунта (кН/м^2) на опоры мостов и звенья труб определяют по формулам:

вертикальное давление

$$P = H\gamma_n C; \quad (\text{VIII.1})$$

горизонтальное давление

$$e_p = H\gamma_n \mu, \quad (\text{VIII.2})$$

где H — высота засыпки от рассматриваемого сечения (для круглых труб — от верха трубы) до верха дорожного покрытия или до подошвы шпал, м; γ_n — объемная масса грунта, кг/м^3 ; C — безразмерный коэффициент; для опор мостов $C=1$; для звеньев труб

$$C = 1 + \mu A \operatorname{tg} \varphi_n, \quad (\text{VIII.3})$$

где μ — коэффициент бокового давления грунта засыпки;

$\mu = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_n}{2} \right)$; φ_n — нормативный угол внутреннего трения;

при типовом проектировании принимают: $\varphi_n = 35^\circ$ — для засыпки устоев дренирующим грунтом; $\varphi_n = 30^\circ$ — для засыпки звеньев труб; $\varphi_n = 25^\circ$ — для оголовков труб (грунт на откосах);

$A = \frac{Sh}{H} \left(2 - \frac{SDh}{H^2} \right)$ — коэффициент, который при $\frac{Sh}{H} \geq \frac{H}{D}$

принимается равным H/D (здесь S — коэффициент, принимаемый в зависимости от характеристики грунтового основания: $S=15$ — при очень жестких основаниях (скала), $S=10$ — при плотных основаниях (пески, суглинки, глина), а также при типовом проектировании, $S=5$ — при податливых основаниях (рыхлые пески, мягкопластичные суглинки и глины); h — расстояние от поверхности основания (подошвы) насыпи до верха трубы (высота трубы), м; D — ширина (диаметр) трубы по внешнему контуру, м).

Нормативное гидростатическое давление, уменьшающее давление на основание от собственной массы частей сооружения и грунта, при глубине заложения фундаментов не более 5 м и при опирании фундаментов на скальные грунты не учитывается.

Учет нормативных воздействий предварительного напряжения конструкций арматуры, усадки бетона и осадки грунта в основаниях опор мостов производится в соответствии со СНиП II—21—75 «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования».

Временные подвижные (вертикальные) нагрузки и их воздействия состоят из основной автомобильной нагрузки, гусеничной или тяжелой колесной нагрузок, нагрузки от пешеходов и тепловозов под УЖД.

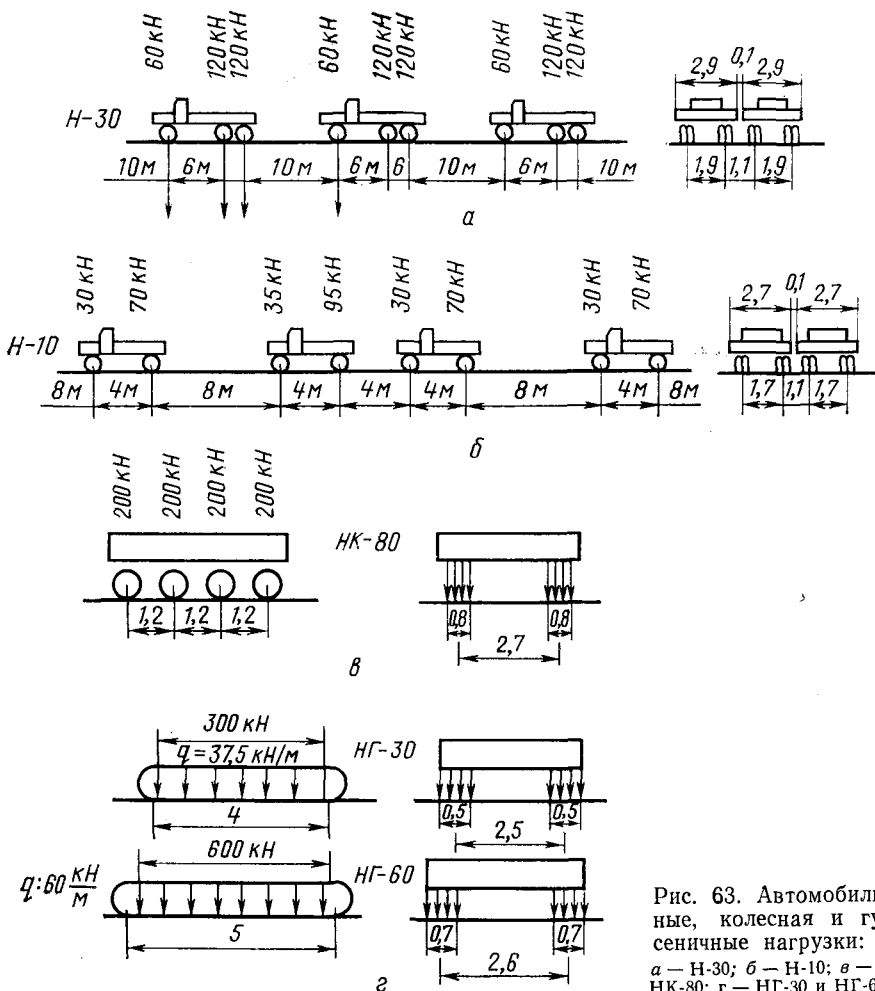


Рис. 63. Автомобильные, колесная и гусеничные нагрузки: а — Н-30; б — Н-10; в — НК-80; г — НГ-30 и НГ-60

Нормативная временная вертикальная автомобильная нагрузка принимается в виде колонны автомобилей, располагаемых друг за другом на определенном расстоянии.

Нагрузка в виде колонны автомобилей весом по 300 кН каждый носит стандартное название Н-30 (рис. 63, а). Нагрузку в виде колонны автомобилей весом по 100 кН, среди которых

имеется один утяжеленный автомобиль весом 130 кН, называют Н-10 (рис. 63, б). Схемы нагрузок Н-8 и Н-13 (по которым иногда рассчитывают конструкции) являются производными от Н-10, в них сохраняется расположение осей, а нагрузка на ось

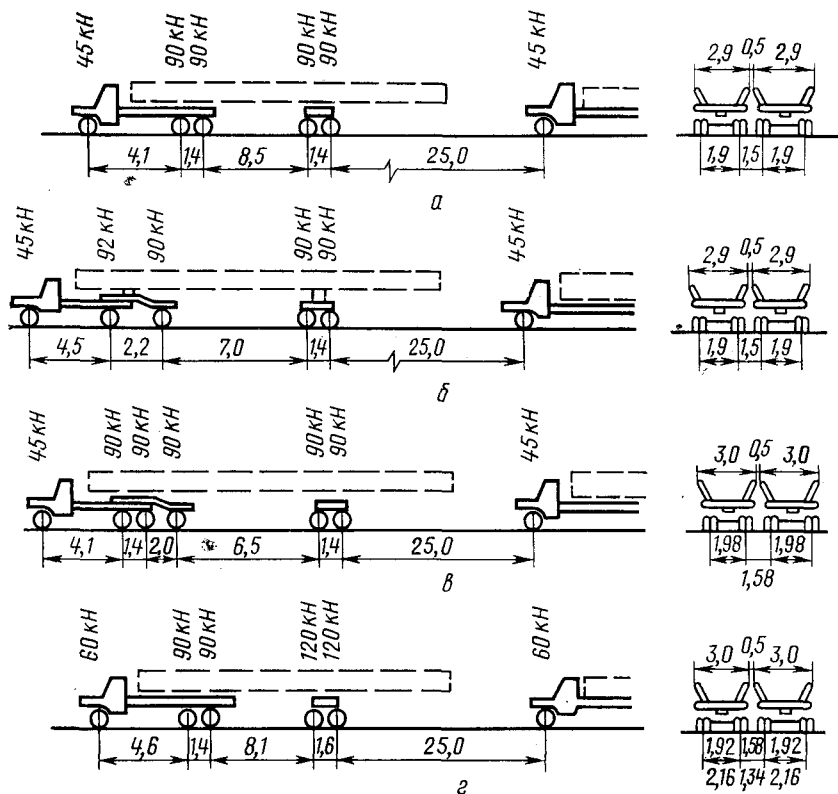


Рис. 64. Лесовозные автопоезда на базе автомобилей:

а — КрАЗ без седельного полуприцепа с двухосным роспуском; *б* — МАЗ с седельным полуприцепом и роспуском; *в* — КрАЗ с седельным полуприцепом и роспуском; *г* — КрАЗ-255Б без седельного прицепа с двухосным роспуском с давлением на ось 120 кН

умножается на соответствующий коэффициент: при Н-8 на 0,8, при Н-13 на 1,3.

Нормативная временная одиночная гусеничная нагрузка весом 300 или 600 кН соответственно называется НГ-30 или НГ-60 (рис. 63, з); одиночная колесная весом 800 кН НК-80 (рис. 63, в).

Гусеничная или колесная (одиночная) нагрузка устанавливается в положение, вызывающее наибольшее усилие в рассчитываемом элементе, но не ближе 0,25 м от колесоотбойного бруса (бордюра) до края обода или гусеницы.

VIII.3. Эквивалентные нагрузки от одной колонны автомобилей Н-10, Н-30 и от одиночных колесной и гусеничной экипажей НК-80, НГ-30 и НГ-60

Длина загружен- ия L_z , м	Нагрузки, кН.м, при положении наибольшей ординаты линии влияния						в любой точке пролета (длины загрузки)				
	в середине пролета			в четверти пролета			на конце пролета				
	Н-10	Н-30	НК-80	Н-10	Н-30	НК-80	Н-10	Н-30	НК-80	НГ-30	НГ-60
4	47,5	72,0	180,0	47,5	88,0	180,0	47,5	96,0	220,0	75,0	120,0
5	38,5	65,3	166,4	38,0	75,5	166,4	40,8	80,6	205,0	72,0	120,0
6	31,7	58,7	160,0	33,0	65,8	160,0	35,6	69,3	186,7	66,7	116,7
7	27,1	52,9	150,2	29,5	58,1	150,2	31,4	60,7	169,7	61,2	110,2
8	23,8	48,0	140,0	26,7	52,0	140,0	28,1	54,7	155,0	56,3	103,1
9	22,7	43,9	130,4	24,3	47,0	130,4	26,5	50,7	142,2	51,9	96,3
10	21,6	40,3	121,5	22,3	42,9	121,5	25,4	47,0	132,0	48,0	90,0
11	20,5	37,3	113,7	20,5	40,3	113,7	24,2	43,8	121,5	44,6	84,3
12	19,4	34,7	106,7	19,9	38,0	106,7	23,1	41,0	113,3	41,7	79,2
13	18,5	33,1	100,3	19,3	35,9	100,3	22,0	38,5	106,0	39,1	74,5
14	17,6	31,6	94,7	18,6	34,0	94,7	20,8	36,2	99,5	36,7	70,4
15	16,7	30,2	89,6	17,9	32,3	89,6	20,0	34,2	93,8	34,7	66,7
16	15,9	28,9	85,0	17,3	30,8	85,0	19,1	32,4	86,7	32,8	63,3
17	15,4	26,6	81,0	16,5	28,0	81,0	17,8	29,6	83,4	31,2	60,4
20	14,8	24,5	70,4	15,7	25,7	70,4	16,7	28,7	72,8	27,0	52,5
22	14,1	22,7	64,8	14,9	23,7	64,8	16,2	28,2	66,7	24,8	48,3
24	13,5	21,3	60,0	14,4	22,2	60,0	15,7	27,5	61,7	22,9	44,8
26	13,3	20,3	55,8	13,8	21,6	55,8	15,1	26,7	57,3	21,3	41,7
28	13,0	19,3	52,2	13,4	21,3	52,2	14,5	26,0	53,3	19,9	39,0
30	12,6	18,4	49,1	13,2	20,9	49,1	14,1	25,4	50,1	18,7	36,7

Гусеничная и колесная нагрузки не учитываются совместно с автомобильной и от толпы на тротуарах.

На лесовозных дорогах, кроме того, нормативную временную вертикальную нагрузку принимают в виде лесовозной автомобильной нагрузки от автопоездов (рис. 64).

Число колонн автомобилей поперек моста должно быть не более полос движения на лесовозной дороге. Расстояние между кузовами соседних колонн принимается 0,1 м; габарит автомобиля крайней колонны не должен выступать за пределы проезжей части. Колонны автомобилей на проезжей части устанавливаются в расчетное положение параллельно продольной оси моста, при этом длина колонн не ограничивается.

При расчете элементов, воспринимающих нагрузку с двух полос при длине загрузки более 25 м, нормативные временные вертикальные нагрузки (Н-8, Н-10, Н-13 и Н-30) учитываются с коэффициентом 0,9.

Нормативная вертикальная нагрузка от подвижного состава узкой колеи принимается, как правило, с тепловозной тягой. В качестве основных тяговых единиц принимаются тепловозы с нагрузкой на ось 45—80 кН.

Для облегчения расчетов усилия в элементах мостов и труб можно определять не по вышеприведенным расчетным схемам, а по равномерно распределенным нагрузкам, по своему воздействию эквивалентным приведенным выше.

Величины эквивалентных нагрузок для треугольных линий влияния с различным положением наибольшей ординаты приведены в табл. VIII.3 и VIII.5. В табл. VIII.3 включены эквивалентные нагрузки Н-10 для утяжеленного автомобиля.

Для расчета рабочего настила и определения наихудшего случая загрузки прогонов моста (определение коэффициента поперечной установки), кроме эквивалентных нагрузок, необходимы дополнительные данные (табл. VIII.4).

В нормативной вертикальной нагрузке ЛК буква *K* (табл. VIII.5) означает класс нагрузки или ее интенсивность. Деревянные сооружения рассчитывают на нагрузку Л4, а остальные на Л5. Если $\lambda < 1$ м, то величина *K* соответствует эквивалентной нагрузке в виде одного сосредоточенного груза, равного $2,5 K$. Вертикальная нагрузка от порожнего состава равна 5 кН/м. При устройстве пути на поперечинах и на балласте *K* принимается не более 25 кН/м.

Нормативное давление грунта на звенья и секции труб от временной вертикальной нагрузки в кН на 1 м² проекции внешнего контура трубы (при высоте засыпки грунта над трубами 1 м и более) определяется по формулам:

от подвижного состава на УЖД

$$q = \frac{K}{0,5H + 1,4};$$

VIII.4. Основные показатели автомобильных нагрузок

Основные показатели	Н-10		Н-30	КрАЗ без седельного полуприцепа с роспуском	
	утяжеленный автомобиль	нормальный автомобиль		автомобиль	роспуск
Вес с нагрузкой, кН	130,0	100,0	300,0	225,0	180,0
Давление на ось, кН:					
заднюю	95,0	70,0	2×120	90,0	90,0
переднюю	35,0	30,0	6	45,0	90,0
Ширина ската, м:					
заднего	0,4	0,3	0,6	0,7	0,7
переднего	0,2	0,15	0,3	0,3	0,3
Длина соприкосновения ската с покрытием проезжей части (по направлению движения), м	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

от автомобильных нагрузок:

$$\text{при } Н-10, Н-30 \quad q = \frac{K_a}{1,02H + 0,88};$$

$$\text{при } НГ-30 \text{ и } НГ-60 \quad q = \frac{K_r}{H + 0,87};$$

$$\text{при } НК-80 \quad q = \frac{190}{H + 3},$$

где K — класс нормативной временной вертикальной нагрузки от подвижного состава; $K_a=10$ и 30 ; $K_r=21,6$ и $31,5$; H — высота засыпки от верха нагруженной поверхности трубы до подошвы шпал или до верха дорожного покрытия.

При высоте засыпки над трубами менее 1 м определяют фактическое вертикальное давление q с учетом его распределения в грунте насыпи под углом 30° к вертикали.

Горизонтальное давление e_q как от подвижного состава УЖД, так и от автомобильной нагрузки определяют умножением вертикального давления q на коэффициент бокового давления грунта μ , т. е.

$$e_q = \mu q.$$

Нормативная горизонтальная поперечная нагрузка от центробежной силы возникает при расположении сооружения на горизонтальной кривой.

Для автодорожных мостов на кривой радиусом $R \leq 600$ м центробежная нагрузка принимается в виде равномерно рас-

МАЗ с седельным полуприцепом и роспуском		КрАЗ с седельным полуприцепом и роспуском		КрАЗ 255-Б без седельного полуприцепа с роспуском	
автомобиль с полуприцепом	роспуск	автомобиль с полуприцепом	роспуск	автомобиль	роспуск
227,0	180,0	315,0	180,0	240,0	240,0
92,0	90,0	90,0	90,0	90,0	120,0
45,0	90,0	45,0	90,0	60,0	120,0
0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

предельной нагрузки C , приложенной в уровне верха полотна проезжей части для каждой полосы движения по формуле

$$C = \frac{15}{100 + R} \cdot \frac{\Sigma P}{l},$$

но не менее $0,15 P/l$ при $R < 250$ м и не менее $\frac{40}{R} \cdot \frac{P}{l}$ при $R \geq 250$ м, где P — вес утяжеленного автомобиля расчетной колонны, кН; ΣP — сумма весов автомобилей расчетной колонны, кН, размещающихся на загружаемой длине рассчитываемого

VIII.5. Эквивалентные нагрузки К

Длина загрузки, м	Нагрузки, кН/м, при положении наибольшей ординаты линии влияния в любой точке пролета			Длина загрузки, м	Нагрузки, кН/м, при положении наибольшей ординаты линии влияния в любой точке пролета		
	К (класс нагрузки)				К (класс нагрузки)		
	1	4	5		1	4	5
1	50,0	200,0	250,0	6	16,4	65,6	82,0
1,5	32,4	129,6	162,0	7	15,6	62,4	78,0
2	25,9	103,6	129,5	8	15,0	60,0	75,0
2,5	22,8	91,2	114,0	9	14,5	58,0	72,5
3	20,9	83,6	104,5	10	14,0	56,0	70,0
3,5	19,6	78,4	98,0	11	13,6	54,4	68,0
4	18,6	74,4	93,0	12	13,2	52,8	66,0
4,5	17,9	71,6	89,5	13	12,9	51,6	64,5
5	17,3	69,2	86,5	14	12,6	50,4	63,0

пролетного строения; l — длина линии влияния, но не более длины пролета, м.

Проектом новых норм величину равномерно распределенных нагрузок от центробежных сил (кН/м) с каждой полосы движения при нагрузке АК (на длине λ) предусмотрено определять по формулам:

$C = 0,4 K/\lambda$ при $R \leq 200$ м; $C = 80 K/\lambda R$ при $200 < R \leq 600$ м, но не меньше $0,7 K/R$ и не больше $0,04 K$ ($A=1$, $K=10$ кН).

Центробежную горизонтальную силу от нагрузок НК-80 и НГ-60, нормальной направлению движения, принимают $C = 0,2 P$ при $R \leq 125$ м; $C = 25 P/R$ при $125 < R \leq 600$ м, где P — вес нагрузки: для НК-80 800 кН, для НГ-60 600 кН.

Центробежную нагрузку от всех полос движения суммируют с введением тех же коэффициентов на многорядность, что и для вертикальной временной нагрузки.

Для железных дорог узкой колеи величина центробежной силы, выраженная в процентах от временной вертикальной нагрузки без учета ее динамического действия $C = 20\,000/R$ и $C = 13\,000/R$, но не более 5% при строительстве соответственно капитальных и временных сооружений.

Центробежная сила в виде горизонтальной равномерно распределенной нагрузки принимается приложенной на высоте 1,6 м от головки рельса.

Нормативная горизонтальная нагрузка от поперечных ударов подвижного состава возникает главным образом при отклонениях в движении нагрузки от прямолинейного направления в плане:

от автомобильных нагрузок, действующих на уровне верха проезжей части в виде поперечной равномерно распределенной горизонтальной нагрузки интенсивностью 4 кН/м для Н-30 и 2 кН/м для Н-10 независимо от числа полос движения;

от гусеничной или колесной нагрузок в виде сосредоточенной силы, приложенной к верху проезжей части, направленной поперек моста и равной 50 кН для НК-80 и 40 кН для НГ-60;

для железных дорог узкой колеи с одного пути в виде равномерно распределенной нагрузки S (в кН/м), приложенной в уровне верха головки рельса и определяемой по формуле $S = 0,04 K$, где K — класс нормативной вертикальной нагрузки от подвижного состава.

Нормативная горизонтальная продольная нагрузка от торможения или силы тяги возникает при торможении подвижной нагрузки на мосту.

Для мостов под УЖД тормозную силу T_n принимают в виде равномерно распределенной нагрузки, приложенной на высоте 1,6 м от головки рельса и действующей в любую сторону вдоль пути. Величина $T_n = 0,10 q_{\text{вкв}}$ (т. е. 10% веса нормативной временной вертикальной нагрузки, вычисленной по линии влияния при положении ее вершины на конце пролета).

Нагрузка от торможения или силы тяги учитывается: с одного пути — в двухполосных мостах; с двух путей — в мостах с тремя и более путями.

Для автомобильных мостов нагрузка T_n принимается с каждой полосы движения в одном направлении в виде сосредоточенной силы, приложенной в уровне верха полотна проезжей части и равной $0,3P$, $0,6P$ и $0,9P$ при длине загрузки соответственно до 25, 25—50 и более 50 м (P — вес утяжеленного автомобиля в колонне).

При многополосном движении в одном направлении нагрузка от торможения принимается со всех полос. Для временных деревянных мостов тормозная сила принимается в размере 50% нормативной.

При расположении временной подвижной нагрузки в пределах призмы обрушения нагрузка T_n не учитывается.

Горизонтальное продольное усилие T_n передается через неподвижные опорные части балочных мостов, распределяясь поровну между неподвижными опорными частями.

Можно при расчетах переносить (с целью упрощения) тормозное усилие в уровень: центра опорных частей — при расчете опор мостов; подошвы рельсов — при расчете устоев.

Нормативную временную вертикальную нагрузку тротуаров мостов принимают $q_T = 4000$ Н/м². При отсутствии других нагрузок настил тротуаров проверяется на расчетную вертикальную сосредоточенную нагрузку в 1800 Н, а перила — на вертикальную и горизонтальную сосредоточенную нагрузку в 1300 Н.

Прочие временные нагрузки и воздействия. Нормативная горизонтальная поперечная ветровая нагрузка принимается в виде равномерно распределенного давления на 1 м² расчетной поверхности.

Интенсивность нормативного давления ветра принимают: при наличии на мосту подвижной нагрузки: для УЖД — 1000 и 800 Н/м² соответственно для постоянных и временных мостов, а при отсутствии нагрузки соответственно 1800 и 800 Н/м²; для автомобильных мостов — 500 и 800 Н/м² соответственно при наличии и отсутствии подвижной временной нагрузки на мосту.

Расчетную ветровую поверхность, перпендикулярную направлению ветра, принимают с учетом следующих коэффициентов сплошности: для сплошных пролетных строений, элементов проезжей части, сплошных и деревянных опор — 1,0; для площади сквозных опор — 0,5, для перил — 0,3—0,8. Для подвижного состава на УЖД расчетная ветровая поверхность принимается в виде сплошной полосы высотой 2,2 м с центром давления на высоте 1,6 м от головки рельса. При отсутствии на мосту подвижного состава ветровая нагрузка не учитывается вместе с нагрузками: ледовой и от навала судов.

Для автомобилей и других видов транспорта ветровая нагрузка не учитывается, ветровое давление учитывают только на само сооружение.

Нормативная продольная горизонтальная ветровая нагрузка на сплошные пролетные строения, проезжую часть и на подвижной состав не учитывается; на сквозные пролетные строения (фермы) принимается в размере 60% от поперечной ветровой нагрузки для мостов на автодорогах и 40% для УЖД.

Продольная горизонтальная ветровая нагрузка на опоры выше уровня грунта или межени принимается той же интенсивности на 1 м² соответствующей расчетной ветровой поверхности, что и поперечная ветровая нагрузка.

Горизонтальное усилие от продольной ветровой нагрузки, действующей на пролетное строение, принимается передающимся на опоры так же, как и горизонтальное продольное усилие от торможения или силы тяги.

Нормативная ледовая нагрузка H на опоры и ледорезы действует при подвижке льда на реке и во время ледохода.

Давление на опору с вертикальными гранями (в направлении вдоль ее оси) определяют по формуле

$$H = mR_p b h,$$

где m — коэффициент формы передней стенки опоры в плане: при полуциркульном очертании $m=0,9$; при треугольной форме в зависимости от угла заострения носовой части $2\alpha=45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ и 180° соответственно $m=0,60; 0,65; 0,69; 0,73; 0,81$ и 1; R_p — нормативный предел прочности льда, принимаемый: при первой подвижке 750 кН/м², при наивысшем уровне ледохода 450 кН/м²; b — ширина опоры на уровне ледохода, м; h — толщина льда, м, принимаемая равной 0,8 от наибольшей за зимний период толщины, а при отсутствии наблюдений — равной наибольшей толщине льда, установленной при изысканиях.

Для рек, вскрывающихся при отрицательных температурах воздуха, а также расположенных севернее линии, соединяющей города Петрозаводск, Киров, Петропавловск, Новосибирск, Улан-Удэ, Биробиджан и Магадан, R_p увеличивают в 2 раза.

При наклонной части ледореза горизонтальное H давление льда (в кН) на опору и вертикальное V определяют по формулам

$$H = R_{\text{л}} h^2 \operatorname{tg} \beta; \quad V = R_{\text{л}} h^2,$$

где $R_{\text{л}}$ — предел прочности льда на изгиб равный 0,7 R_p , кН/м²; при $\beta > 82^\circ$ давление льда определяют как для вертикальной грани; β — угол наклона к горизонту режущего ребра.

Ледовые нагрузки разрешается не учитывать при эффективных мерах защиты деревянных опор от ледовых воздействий.

Нормативная горизонтальная нагрузка от возможного навала судов на опоры мостов считается приложенной посредине ширины или длины опоры на высоте расчетного судоходного уровня и принимается в зависимости от судоходного класса внутреннего водного пути.

Для внутренних водных путей VI и VII классов нагрузка составляет:

поперек продольной оси моста (вдоль опоры) со стороны верховой 200 кН и низовой 150 кН, а при отсутствии течения и с верховой соответственно 150 и 100 кН;

вдоль продольной оси моста со стороны судоходного пролета соответственно 150 и 100 кН; несудоходного 100 и 50 кН.

Для опор, защищенных от навала судов, а также для деревянных опор автодорожных мостов на водных путях VI—VII классов эту нагрузку не учитывают.

Для однорядных железобетонных свайных опор автодорожных мостов на реках VI и VII классов нагрузку вдоль продольной оси моста учитывают в размере 50%.

§ 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАСЧЕТЕ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Искусственные сооружения рассчитывают по методу предельных состояний. Предельным называют состояние, при котором элементы сооружений теряют способность сопротивляться внешним воздействиям и с увеличением нагрузки становятся непригодными к дальнейшей эксплуатации.

Различают две группы предельных состояний: первая — по потере несущей способности или непригодности к эксплуатации; вторая — по непригодности к нормальной эксплуатации, осуществляемой в соответствии с действующими нормами.

Расчеты по первой группе предельных состояний (по прочности) производятся для всех искусственных сооружений на воздействие расчетных нагрузок. Расчетная нагрузка P_p равна произведению нормативной нагрузки P_n на соответствующие коэффициенты перегрузки.

Нормативные величины нагрузок и воздействий и их классификация даны в соответствующих нормативных документах.

Коэффициенты, учитывающие возможные отклонения нагрузок в неблагоприятную (большую или меньшую) сторону от их нормативных значений, называются коэффициентами перегрузки n , величина которых зависит от назначения сооружения и типа нагрузки.

Коэффициенты перегрузки для постоянных нагрузок приведены в табл. VIII.6.

Коэффициенты перегрузки $n_{вр}$ для временных подвижных нагрузок: при автомобильных нагрузках $n_{вр} = 1,4$; при колесных и гусеничных нагрузках $n_{вр} = 1,1$; при

подвижных нагрузках УЖД для мостов $n_{вр}=1,3; 1,15; 1,1$ при длине загрузки λ соответственно 0; 50; 150 м (при промежуточных значениях λ $n_{вр}$ устанавливаются интерполяцией); для труб условно $\lambda=0$; от порожнего подвижного состава $n_{вр}=1,0$. Эти коэффициенты распространяются на все виды воздействий, оказываемых движущейся нагрузкой: на центробежную силу, торможение, поперечную нагрузку от ударов временной нагрузки; от нагрузок тротуаров (кроме служебных) и пешеходных мостов $n_{вр}=1,4$, для служебных тротуаров и перил $n_{вр}=1,1$.

VIII.6. Коэффициенты перегрузки для постоянных нагрузок

Вид нагрузки	Коэффициент перегрузки n_n	
Вес нагрузки, кроме указанных ниже	1,1	0,9
Дорожные покрытия (выравнивающий и защитный слой) проезжей части и тротуаров автодорожных мостов	1,5	0,9
Вес деревянных частей	1,2	0,9
Вес полотна мостов под УЖД	1,5	0,9

Примечание. При воздействии усадки бетона $n_n = 1$ и усадки грунта $n_n = 0,5$ $n_n=0,9$ когда нагрузка уменьшает воздействие.

При дополнительных и особых сочетаниях нагрузок соответственно $0,8n_{вр}$ и $0,7n_{вр}$.

При расчете на прочность, кроме коэффициента перегрузки $n_{вр}$, учитывают динамическое действие $(1+\mu)$ от подвижных вертикальных нагрузок:

для стальных пролетных строений, в том числе объединенных с железобетонной плитой, и стальных опор для мостов всех систем на УЖД $1+\mu = 1 + \frac{18}{30+\lambda}$;

для автодорожных мостов всех систем, кроме пилонов и главных висячих мостов $1+\mu = 1 + \frac{15}{37,5+\lambda}$;

для пилонов висячих мостов и главных ферм $1+\mu = \frac{40}{70+\lambda}$;

для железобетонных балочных пролетных строений, железобетонных опор и звеньев труб: на УЖД $1+\mu = 1 + \frac{10}{20+\lambda}$; на автомобильных дорогах при отсутствии засыпки $1+\mu=1,3$ при $\lambda \leq 5$ м и $1+\mu=1$ при $\lambda \geq 45$ м. При $5 < \lambda < 45$ — $(1+\mu)$ находится по интерполяции;

для деревянных мостов: на УЖД для сечений элементов $1+\mu=1,1$; для сопряжений $1+\mu=1,2$; на автомобильных дорогах для всех конструкций $1+\mu=1,0$.

От вертикальных нагрузок НК-80, НГ-30, НГ-60, подвижных нагрузок тротуаров и пешеходных мостов, временных горизон-

тальных нагрузок и для давления грунта от временной вертикальной нагрузки $1 + \mu = 1$.

Коэффициенты перегрузки для прочих временных нагрузок и воздействий принимаются по СН 200—62, при этом ветровая нагрузка для сочетаний основных, дополнительных и особых нагрузок принимается с коэффициентом перегрузки соответственно 1,5; 1,2 и 1,0.

Глава IX. ДЕРЕВЯННЫЕ МОСТЫ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Деревянные мосты по протяженности составляют 80% всех мостов на лесовозных автомобильных дорогах. В связи с широким развитием сборного железобетона применение деревянных мостов прекратилось на дорогах I—III категорий. На дорогах VIA, IVB и V категорий, лесохозяйственных дорогах, ветках и усах разрешается строить деревянные мосты.

К достоинствам деревянных мостов относятся быстрота возведения в любое время года и невысокая первоначальная стоимость, особенно мостов небольших пролетов. В многолесных районах, где дерево является местным материалом, указанные положительные качества деревянных мостов дают им существенное преимущество перед мостами из других материалов.

Наряду с положительными качествами деревянные мосты имеют и недостатки, к которым следует отнести: возможность перекрывать меньшие пролеты (до 12 м), чем из металла и железобетона, более высокую стоимость содержания и ремонта, подверженность загниванию (и как следствие меньший срок службы) и сгораемости.

Гниение является основным фактором, ограничивающим срок службы деревянных мостов. При применении непропитанной древесины и элементов конструкций, не защищенных от непосредственного увлажнения, срок службы мостов составляет 8—12 лет. Использование в мостах сырой древесины сокращает срок их службы до 5—6 лет.

Стоимость содержания и ремонта деревянных мостов составляет ежегодно в среднем 2,5% их первоначальной стоимости, что в 2—3 раза больше ежегодного содержания стальных и в 8—10 раз каменных и железобетонных мостов.

Для повышения срока службы в конструкциях моста надо применять высушенную древесину и химические меры борьбы с гниением (например, глубокую пропитку масляными антисептиками всех деревянных элементов пролетного строения, что обеспечит срок службы до 30—35 лет даже в неблагоприятных условиях).

Пожарная опасность деревянных мостов может быть снижена применением негоряемых покрытий сверху проезжей части моста и пропиткой древесины антипиренами. На больших и средних деревянных мостах следует предусматривать устройство противопожарных площадок, оборудованных огнетушителями и противопожарным инвентарем. Противопожарные площадки следует располагать на насыпи у въездов на мост и над опорами не реже чем через 25 м: на деревянных железнодорожных мостах длиной до 15 м — одна площадка; длиной от 15 до 25 м — две площадки, длиной более 25 м не реже чем через 15 м.

§ 2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ МОСТОВ

Лесоматериалы. Для деревянных мостов применяют пиленые и круглые лесоматериалы из сосны, ели, лиственницы, кедра и пихты. Для изготовления мелких деталей соединений (шпонок, подушек и др.) используют лесоматериалы твердых лиственных пород (дуба, ясеня, бука и граба).

Качество древесины элементов конструкций мостов, а также сортимент лесоматериалов должны удовлетворять специальным требованиям технических условий, ГОСТов и СНиП.

Согласно СНиП II—В 4—71 элементы деревянных мостов в соответствии с температурно-влажностными условиями эксплуатации делятся на группы: В — на открытом воздухе, Г1 — при соприкосновении с грунтом, Г2 — в грунте, Д1 — при постоянном увлажнении и Д2 — в воде.

Влажность древесины, применяемой для изготовления элементов деревянных мостов и эстакад, должна быть для бревен не более 25%, для пиломатериалов не более 20%, для мелких деталей (шпонок, подушек и т. д.) и клееных конструкций не более 15%.

В конструкциях мостов применяют круглые (с сохранением естественной конусности 0,8% на 1 пог. м) и пиленые лесоматериалы различных сечений.

При расчете элементов деревянных конструкций в формулах используют величину расчетного сопротивления (табл. IX.1).

Сопротивление древесины смятию или скалыванию под углом к направлению волокон определяют по формуле

$$R_{\text{ск } \alpha} = \frac{R_{\text{ск}}}{1 + \left(\frac{R_{\text{ск}}}{R_{\text{ск } 90}} - 1 \right) \sin^3 \alpha},$$

где $R_{\text{ск}}$ и $R_{\text{ск } 90}$ — сопротивление смятию или скалыванию при $\alpha = 0^\circ$ и $\alpha = 90^\circ$.

Расчетное сопротивление древесины местному смятию поперек волокон (за исключением пере-

IX.1. Расчетные сопротивления древесины сосны (ели)

№ п/п	Вид напряженного состояния	Обозначение	Расчетное сопротивление, МПа
1	Изгиб: бревен и брусьев досок	R_{II}	16
		R_{II}	14
2	Растяжение вдоль волокон	R_p	10
3	Сжатие и смятие вдоль волокон	R_c, R_{cm}	13
4	Сжатие и смятие всей поверхности поперек волокон	R_{c90}, R_{cm90}	18
5	Смятие местное поперек волокон: в лобовых врубках и узловых подушках в опорных плоскостях конструкций под шайбами при углах смятия от 90 до 60°	R_{cm90}	3,2
		R_{cm90}	2,4
		R_{cm90}	4,0
6	Скалывание (наибольшее) вдоль волокон при изгибе	$R_{ск}^{II}$	2,4
7	Скалывание (среднее по площадке) в соединениях на врубках, учитываемое в пределах длины не более 10 глубин врезки и 2 толщин брутто элемента: вдоль волокон поперек волокон	$R_{ск}$	1,6
		$R_{ск90}$	0,8

численных в строке 5-й графы 3 табл. IX.1) на части длины элемента, когда незагруженные участки не менее длины площадки смятия вдоль волокон l_{cm} и толщины элемента, вычисляются по формуле

$$R_{cm90} = R_{c90} \left(1 + \frac{8}{l_{cm} + 1,2} \right).$$

В зависимости от условий эксплуатации искусственных сооружений расчетные сопротивления древесины сосны для некоторых элементов следует умножать на коэффициенты:

для частей конструкций, расположенных под водой в пределах переменного межженного горизонта вод или в земле,— 0,9;

для конструкций, изготовляемых на заводах при условии применения древесины с влажностью не более 15% и тщательном контроле прочности древесины,— 1,1;

для изгибаемых брусьев и бревен, имеющих врубки в расчетном сечении, соответственно — 0,85 и 0,9;

для стыков растянутых элементов, имеющих в расчетном сечении врезки (стыки с гребенчатыми накладками и др.),— 0,8;

для элементов мостов простых балочных систем и простых конструкций проезжей части других систем, выполняемых из бревен с сохранением их естественной коничности,— 1,2;

для досок и брусьев, предварительно выгибаемых при пропаривании или вываривании,— 0,9.

Для других пород древесины применяют коэффициенты перехода к расчетным сопротивлениям по табл. IX.2.

Модуль упругости древесины E на сжатие и растяжение вдоль волокон, а также на изгиб независимо от породы древесины принимают равным 8500 МПа, а модуль упругости древесины при определении деформаций только от временной нагрузки — 10 000 МПа.

Стальные элементы и поковки деревянных мостов. Стальные элементы, воспринимающие расчетные усилия, должны быть изготовлены из углеродистой мартовской горячекатаной стали марок ВСтЗкп или ВСтЗпс, если эти элементы не подвергаются

IX.2. Коэффициенты перехода от расчетных сопротивлений сосны (ели)

Порода древесины	Коэффициенты перехода для древесины различных пород при		
	изгибе, сжатии, смятии, растяжении вдоль волокон	сжатии и смятии поперек волокон	скалывании
Лиственница	1,2	1,2	1
Кедр сибирский	0,9	0,9	0,9
Дуб	1,3	2	1,3
Пихта	0,8	0,8	0,8
Ясень, клен, граб	1,3	2	1,6

сварке. Для сварных элементов применяют углеродистую мартовскую горячекатаную сталь марки ВСтЗсп5. Для нерасчетных элементов допускается применение углеродистой горячекатаной стали марок Ст0 или СтЗ.

Расчетные сопротивления стальных элементов в деревянных мостах принимают как для стали марки СтЗ (мостовая) при действии осевых сил $R_0=190$ МПа; при изгибе $R_{из}=200$ МПа. Расчетный модуль упругости стали принимают равным 210 000 МПа.

Клееные и клефанерные конструкции. Для клееных конструкций в мостах применяют пиломатериалы влажностью не более $13 \pm 2\%$ и толщиной не более 5 см и бакелизованную фанеру, обладающую большой прочностью, водо- и биостойкостью.

Прочность и долговечность клееных конструкций в большой степени зависит от качества исходных материалов и склеивания (прочности клеевого шва). Поэтому элементы клееных конструкций надо изготовлять только в специализированных цехах для обеспечения необходимого технологического процесса склеивания.

§ 3. ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ И КОНСТРУКЦИИ ДЕРЕВЯННЫХ МОСТОВ НА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Выбор системы и конструкции деревянного моста на лесовозных дорогах зависит от величины пролета, расчетной временной нагрузки, от требующейся по условиям вертикальной планировки строительной высоты и местных условий.

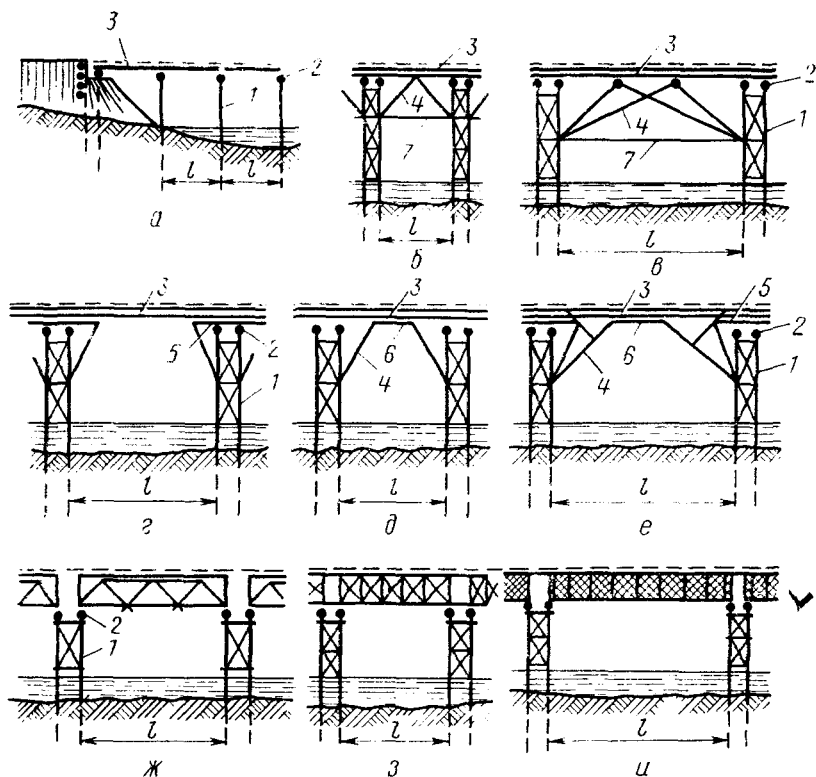


Рис. 65. Основные системы деревянных мостов:

a — балочная; *б* — одноподкосная; *в* — двухподкосная; *г* — трапецидально-подкосная; *д* — ригельно-подкосная; *е* — комбинированная; *ж* — ферма ригельно-раскосная; *з* — ферма Гау-Журавского; *и* — ферма дощато-гвоздевая; 1 — свая; 2 — насадка; 3 — прогон; 4 — подкос; 5 — подбалка; 6 — ригель; 7 — горизонтальные схватки

Основными системами деревянных мостов на лесовозных дорогах являются: малых пролетов — балочные, одно- и двухподкосные, трапецидально- и ригельно-подкосные и комбинированные; больших пролетов — ригельно-раскосные, Гау-Журавского, дощато-гвоздевые (рис. 65), позволяющие перекрывать пролеты более 16—20 м.

Балочные мосты по сравнению с подкосными и другими системами обладают рядом преимуществ: небольшой трудоемкостью при изготовлении и монтаже, простотой компоновки и возможностью их индустриального изготовления. Однако пролет, который ими можно перекрыть, ограничен 10—11 м и лишь применение клееных конструкций позволяет перекрывать пролет до 30 м. Кроме того, при пролетах 10—11 м из цельной (неклееной) древесины требуются лесоматериалы больших диаметров (сечений).

Подкосные и балочно-подкосные системы, представляющие собой балку, подпертую подкосами, целесообразны в условиях пионерного строительства, в отдаленных местностях, когда требуется перекрывать большие пролеты (до 20 м) или пропускать большие нагрузки. Однако такие системы не индустриальны в изготовлении и монтаже, требуют высокой квалификации рабочей силы и все узлы сопряжений необходимо подгонять непосредственно на месте строительства.

Конструкции балочных мостов

Проезжая часть. При малой интенсивности движения и мостах временного типа полотно проезжей части выполняют из накатин (рис. 66, а) или пластин (рис. 66, б), уложенных вплотную друг к другу. Если по мосту проходят тракторы и машины

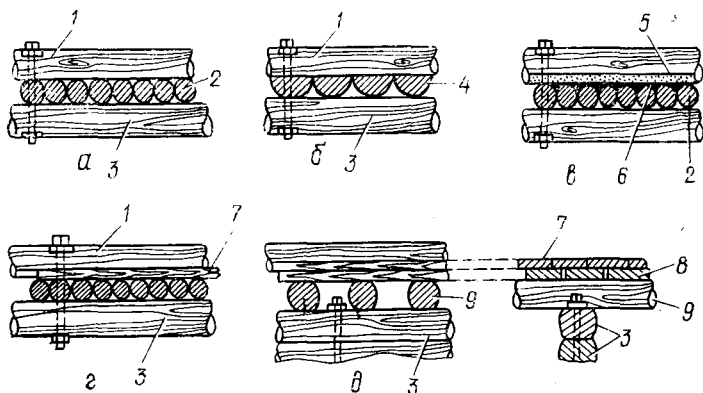


Рис. 66. Основные виды настилов деревянных мостов:

1 — колесоотбойный (бордюрный) элемент; 2 — накатина; 3 — прогон; 4 — пластина; 5 — щебень или гравий; 6 — слой мятой глины; 7 — верхний продольный дощатый настил; 8 — нижний продольный настил; 9 — поперечина

на колесах со шпорами, на накатины укладывают слой щебня или гравия толщиной 10—14 см (рис. 66, в). Из-за большого веса засыпку применяют только на мостах длиной до 15 м. Чаще всего верхнюю часть проезжей части выполняют из дощатого настила.

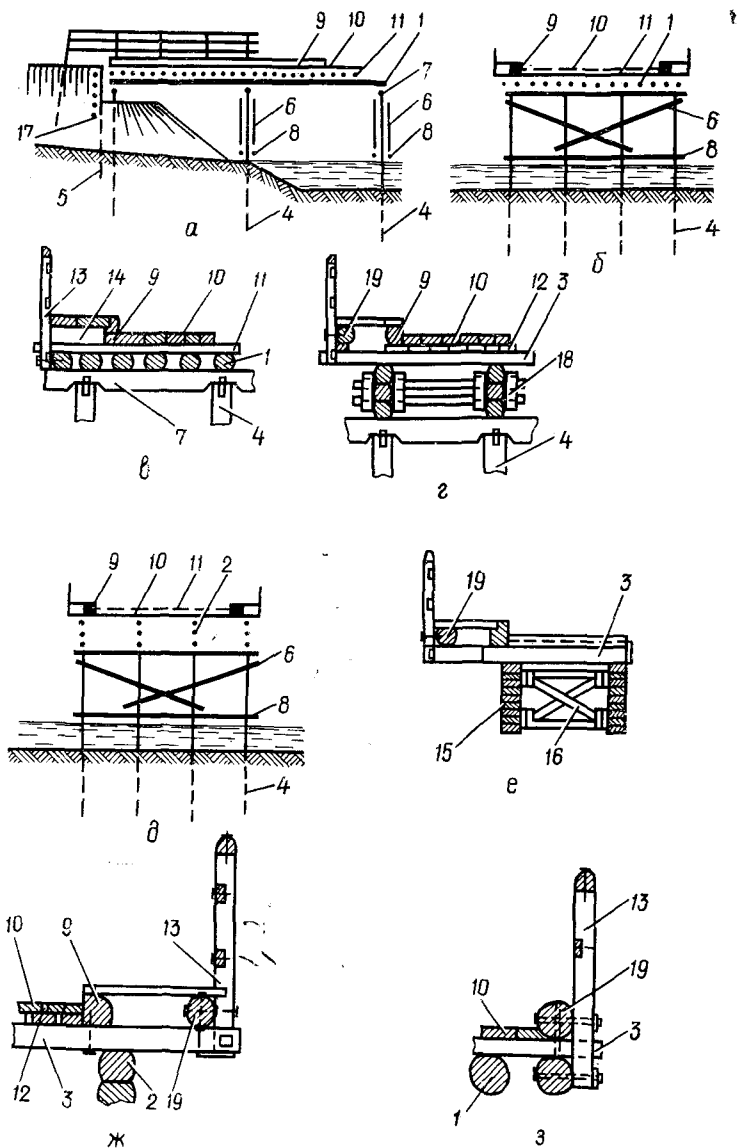


Рис. 67. Конструкции балочных деревянных мостов:

1 — разбросанные прогоны; 2 — сосредоточенные прогоны; 3 — поперечина; 4 — свая промежуточная; 5 — свая заборной стенки; 6 — наклонная (диагональная) схватка; 7 — пасадка; 8 — горизонтальная схватка; 9 — бордюрный (колесоотбойный) брус; 10 — верхний продольный настил; 11 — нижний поперечный настил; 12 — нижний продольный настил; 13 — перильная стойка; 14 — корытыш для поддержания треугольного настила; 15 — клееный прогон; 16 — раскосы поперечных связей; 17 — пластины заборной стенки; 18 — анкер; 19 — тротуарная продольная балка

При шаге прогонов 0,5—0,6 м (сближенные прогоны) поперек моста укладывают сплошной настил из поперечин (накатин или пластин), а сверху одинарный продольный настил (рис. 66, *з*). При шаге прогонов 1,5—2,3 м (сосредоточенные прогоны) поперек моста поперечины располагают через 0,5—0,8 м, а по ним двойной настил (рис. 66, *д*).

Нижний настил делают продольным с зазором между досками в 1,5—2 см для лучшего проветривания; верхний настил —

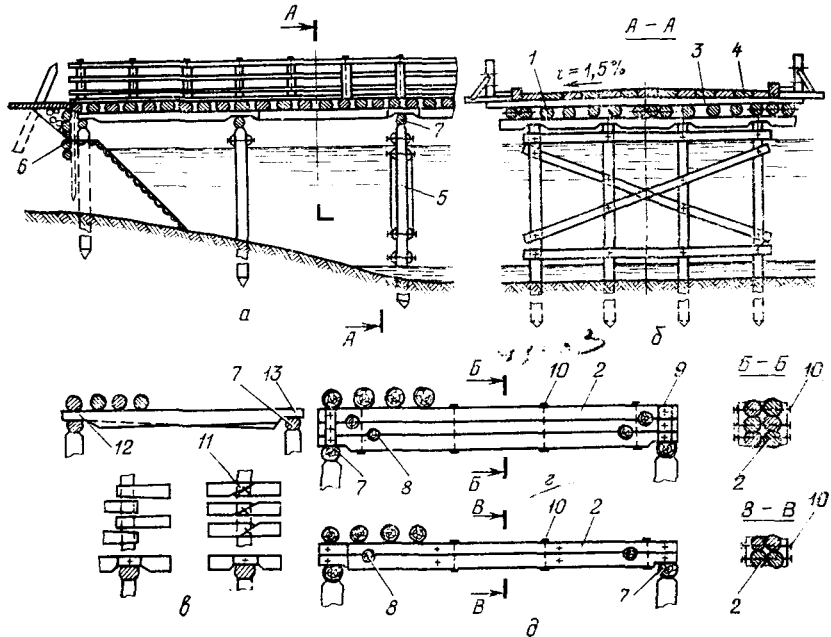


Рис. 68. Конструкции балочного моста:

а — продольный разрез; *б* — поперечный разрез; *в* — укладка сближенных прогонов на насадке; *г*, *д* — конструкция и укладка на насадке сложных прогонов; 1 — сближенные прогоны; 2 — сосредоточенные прогоны; 3 — под уклон; 4 — настил; 5 — промежуточная свая; 6 — забортная стенка; 7 — насадка; 8 — анкер; 9 — сжим; 10 — монтажный болт; 11 — скоба; 12 — комель бревна; 13 — отруб бревна

продольным или поперечным. Высота верхнего настила принимается конструктивно 5—7 см; нижнего настила (рабочего) определяется расчетом.

При длине моста более 3 м для безопасного прохода устраивают перила и тротуары (рис. 67, *а*).

Тротуары деревянных мостов выполняют из одиночного настила толщиной 5 см, располагая его выше по отношению к проезжей части. Для удобства пешеходов доски тротуаров лучше укладывать вдоль моста (рис. 67, *в*). Доски укладывают на короткие брусья (коротыши), лежащие на концах поперечин. Короткомерные доски укладывают поперек моста, опирая один

конец на продольную тротуарную балку, а другой на колесоотбойный брус (рис. 67, ж). Ограждающие тротуар перила состоят из перильных стоек, поручня на высоте 1,2 м, прикрепляемого к стойкам, и перильного заполнения, располагаемого ниже поручня и между стойками.

Если тротуар не нужен, проезжую часть вдоль моста окаймляют колесоотбойным (охранным) брусом, к которому крепят перильные стойки (рис. 67, з).

IX.3. Расход материалов на один пролет балочного моста

Габарит проезжей части Г, м	Расчетный пролет, м					
	5		9		11,5	
	древесина, м ³	металл, кг	древесина, м ³	металл, кг	древесина, м ³	металл, кг
4,5	12,4	46	27,9	199	45,0	308
7	17,0	57	35,6	248	57,9	381
9	21,0	63	47,3	324	77,3	507

IX.4. Расход материалов на одно перекрытие опоры

Габарит проезжей части Г, м	Тип опоры					
	двухрядная		пространственная		сопряжение с насыпью	
	древесина, м ³	металл, кг	древесина, м ³	металл, кг	древесина, м ³	металл, кг
4,5	0,6	1	3,3	18	2,8	9
7	0,8	2	4,5	23	3,6	10
9	1,0	2	5,7	26	4,3	10

Примечание. На устройство противопожарных площадок кроме этого добавляются древесины 0,5 м³ на мосту, 1,2 м³ на сходе, соответственно металла 9 и 17 кг.

Для лучшего стока воды с моста устраивают двускатный поперечный уклон 1,5—2%, для чего под настил укладывают подуклоны (рис. 68, б).

Главной несущей конструкцией балочных мостов являются прогоны, воспринимающие временные и постоянные нагрузки.

Сближенные (разбросанные) прогоны (рис. 67, б, в; 68, а, б, в) размещают в поперечном направлении моста на расстоянии 0,5—0,8 м друг от друга. При пролетах 4—6 м их делают одноярусными, что упрощает конструкцию проезжей части, а при больших пролетах двухъярусными (из двух бревен).

Сосредоточенные прогоны размещают через 1,5—2,3 м друг от друга (рис. 67, г, д, е) и располагают над опорами.

Сосредоточенные прогоны составляют из требуемого по расчету числа бревен (рис. 68, г, д) или брусьев, скрепленных между собой монтажными (не конструктивными) болтами в двух- или трехъярусный пакет с одним, двумя или тремя рядами бревен или брусьев. Такие прогоны называют сложными.

IX.5. Расход материалов на свайные деревянные опоры в многопролетных мостах для автомобильных лесовозных дорог

Тип опоры	Габарит Г, м	Высота опор, м	Промежуточные опоры, расположенные через, м						Береговые опоры при пролетах 6, 9 и 11,5 м	
			6		9		11,5		Древесина, М ³	металл, кг
			Древесина, М ³	металл, кг	Древесина, М ³	металл, кг	Древесина, М ³	металл, кг		
Однорядные	7	4	5,0	299	—	—	—	—	10,2	116
		5	5,7	299	—	—	—	—	10,6	116
		6	6,4	299	—	—	—	—	11,0	116
	9	4	6,7	400	—	—	—	—	13,8	158
		5	7,5	400	—	—	—	—	14,9	158
		6	8,5	400	—	—	—	—	16,0	158
Двухрядные (числитель), пространственные (знаменатель)	7	4	8,3	501	8,3	501	9,5	620	10,2	116
			7,4	538	10,7	538	11,8	660		
		5	9,3	501	9,4	501	10,7	620	10,6	116
			8,3	538	12,0	538	13,2	660		
		6	10,6	501	10,6	501	12,1	620	11,0	116
			10,6	610	15,3	610	16,6	738		
	9	4	11,1	667	11,1	667	12,6	826	13,8	158
			14,4	709	14,4	709	15,8	872		
		5	12,5	667	12,5	667	14,1	826	14,9	158
			15,8	709	15,8	709	17,8	872		
		6	14,1	667	14,1	667	15,9	826	16,0	158
			20,6	811	20,6	811	22,4	982		

Бревна используют с сохранением естественной конусности, укладывая их в пакет в последующих рядах и ярусах комлями в разные стороны (рис. 68, г, д).

В табл. IX.3, IX.4 и IX.5 приведены расходы материалов на конструкции деревянных балочных мостов для пропуска нагрузок Н-10 и НГ-30 [61].

Пролетное строение этих мостов состоит из сосредоточенных прогонов, опирающихся на насадки, поперечин, располагаемых на прогонах через 0,5 м, и двойного продольного настила.

Составные прогоны из бревен или брусьев соединены по высоте в одно целое колодками, шпонками или пластинчатыми нагелями, препятствующими сдвигу соединяемых элементов. Благодаря таким связям составные прогоны работают как единое целое. Однако из-за сложности изготовления их в настоящее время почти не применяют.

Клееные (рис. 67, *е*, 69, *а*, *б*) и клефанерные конструкции (рис. 69, *в*, *г*) балочных мостов отличаются от обычных деревянных элементов возможностью получения поперечного сечения, требуемого по расчету.

Многослойные клееные элементы (рис. 69, *а*, *б*) более прочны, чем выполненные из цельной древесины тех же размеров, благодаря тому, что при склеивании тонких пиломатериалов часть древесины с пороками (сучки, косослой) удаляют, а в местах наибольших напряжений конструкции ставят древесину отборного сорта.

Клееные и клефанерные пролетные строения автодорожных мостов рекомендуется выполнять в виде разрезных или неразрезных балок со сплошными стенками прямоугольного сечения (рис. 69, *а*) для пролетов 12—14 м или двутаврового (рис. 69, *б*) для пролетов 15—24 м.

При склеивании балок в пакет доски надо располагать так, чтобы годовые слои древесины были направлены выпуклостью в одну сторону (см. рис. 69, *а*). Высоту клееных балок h принимают равной $1/10$ — $1/15$ пролета. Ширину b прямоугольных балок из условия общей устойчивости принимают не менее $h/6$, ширину сжатого пояса двутавровой балки — не менее $h/5$, а толщину стенки b_c — не менее $1/2$ ширины полки.

Для увеличения несущей способности клееных балок рекомендуется крайние доски (снизу и сверху) ставить на высоту $0,15h$, но не менее двух досок из древесины отборного качества.

Для перекрытия пролетов до 25—30 м могут быть применены клефанерные балки.

В местах, испытывающих наибольшие скалывающие и растягивающие усилия, — стенках балок и растянутых (нижних) поясах используют бакелизованную фанеру, толщина которой не менее 10 мм. Вертикальная фанерная стенка толщиной не менее $1/120h$ при небольших пролетах может быть одиночной (рис. 69, *в*), при больших — двойной (рис. 69, *г*). Устойчивость фанерной стенки достигается приклеиванием ребер жесткости по бокам одиночной стенки или в зазор между листами фанеры при двойной стенке.

Сжатый пояс клефанерных балок можно выполнять из досок, склеенных по вертикальным швам, растянутый пояс — из досок (рис. 69, *в*, *г*) или же из бакелизованной фанеры, связанной со стенкой брусками (рис. 69, *д*). При выполнении мощных поясов широкие элементы из брусков следует расчленять на отдельные части шириной не более 10 см с зазором 0,5 см

(рис. 69, е). Брусья и доски стыкуют на зубчатый шип (рис. 69, ж), ус (рис. 69, з) или впритык (рис. 69, и).

Стыки всех досок по длине растянутых элементов и на $\frac{1}{4}$ высоты растянутой части изгибаемых элементов, а также в крайних слоях сжатых элементов выполняются на зубчатый шип (что лучше) или на ус. В остальных частях элементы разреша-

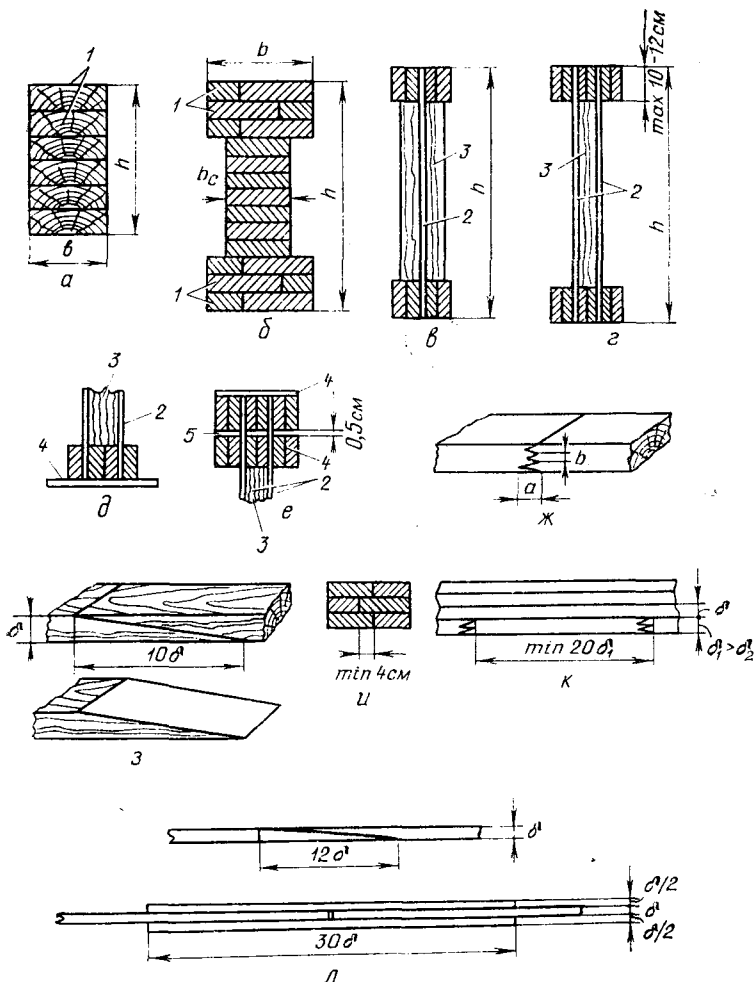


Рис. 69. Сечения и соединения клееных элементов:

а — клееная балка (пакет) прямоугольного сечения; б — клееная балка двутаврового сечения; в — клефанерные балки с одиночной стенкой; г — то же с двойной стенкой; д — узлы клееных и клефанерных элементов; 1 — доски из древесины отборного качества; 2 — стенка из бакелизированной фанеры; 3 — брусок жесткости; 4 — поясной элемент из бакелизированной фанеры; 5 — зазор

ется стыковать впритык с плотной приторцовкой досок и посадкой их на клей. Расстояния между продольными стыками склеенных по ширине досок должно быть в поперечном направлении не менее 4 см (рис. 69, *и*). В одном сечении элемента допускается стыкование не более 25% всех досок, а в наиболее напряженных зонах изгибаемых элементов — не более одной доски. Бакелизованную фанеру стыкуют на ус или впритык с перекрытием двусторонними накладками (рис. 69, *л*).

Клееные мостовые конструкции. Небольшие пролеты (2—6 м) перекрывают плитно-ребристыми конструкциями, состоящими из поставленных на ребро склеенных между собой досок (клееная древесноплита), с последующей укладкой по ним асфальто-бетона или пластобетона.

Конструкции подкосных мостов

На лесовозных дорогах до появления железобетонных мостов для перекрытия пролетов 12—20 м применялись мосты подкосных систем. Поэтому на дорожной сети имеется еще достаточно большое количество подкосных мостов, построенных ранее и эксплуатируемых до сих пор. Однако в новом строительстве подкосные мосты почти не применяют из-за трудоемкости их изготовления, невозможности индустриального изготовления их конструктивных элементов и механизированной сборки.

Во всех подкосных системах конструкция проезжей части такая же, как и в балочных мостах.

В одноподкосной системе (см. рис. 65, *б*) прогон в середине пролета поддерживается верхними концами двух подкосов, упертых в расположенный под прогоном поперечный элемент — верхнюю подушку. Нижний конец каждого подкоса уперт в нижнюю подушку, которая лежит на коротышах, прирубленных к сваям. На уровне нижних концов подкосов ставят затяжку, которая воспринимает распор, передаваемый подкосами. Обычно затяжка состоит из двух горизонтальных элементов, расположенных по бокам свай.

В двухподкосной системе (см. рис. 65, *в*) прогон поддерживается двумя парами подкосов, при этом пролет разбивается на три равные части, называемые панелями. Нижние концы двух подкосов упираются в одну и ту же подушку. Затяжка так же, как и в одноподкосной системе, ставится для восприятия распора.

Мосты одно- и двухподкосных систем из-за наличия затяжки имеют большую строительную высоту, что затрудняет их применение при высоком уровне вод и ограниченных отметках подходов. Поэтому эти системы применяют в несудоходных пролетах судоходных рек и в мостах через овраги и суходолы.

В балочно-подкосной системе (см. рис. 65, *г*) прогон состоит из одного или двух уложенных друг на друга

бревен и поддерживается подкосами. Расстояние между верхними концами подкосов, где прогон работает как простая балка, принимается 3—5 м.

Пролетные строения ригельно-подкосной системы (см. рис. 65, *д*) имеют в средней части прогона дополнительный ярус-ригель, подпертый с двух сторон подкосами.

Для перекрытия большего пролета применяется комбинированная подкосная система (см. рис. 65, *е*), которая совмещает в себе как бы две предыдущие системы. В ней, кроме короткого подкоса, поддерживающего подбалку, в тот же прирубленный к свае коротыш упирается полого поставленный длинный подкос.

Деревянные мосты больших пролетов

Для перекрытия пролетов от 20 до 50 м наиболее широко применялись фермы: ригельно-раскосные (см. рис. 65, *ж*), дощато-гвоздевые (см. рис. 65, *и*), Гау-Журавского (см. рис. 65, *в*).

При устройстве моста через многоводную реку большие пролеты необходимы лишь в пределах наиболее глубокой части главного русла реки. При этом по условиям судоходства делают один или два судоходных пролета. Остальная часть реки может быть перекрыта меньшими пролетами другой конструкции, стоимость которых ниже.

В зависимости от ГВВ, условий судоходства и сплава сквозные пролетные строения (фермы) могут быть выполнены с ездой поверху или понизу. Фермы ригельно-раскосные и дощато-гвоздевые применяют только с ездой поверху, а Гау-Журавского с ездой понизу или поверху, в зависимости от условий строительства.

Фермы с ездой поверху проще по конструкции, ширина моста в целом меньше, чем при езде понизу, и поэтому на устройство такого моста требуется меньше материалов. Однако при езде поверху пролетные строения имеют большую строительную высоту и требуют увеличения высоты насыпей подходов. Поэтому, если повышение уровня проезжей части на мосту неблагоприятно сказывается на продольном профиле дороги, пролетные строения с ездой поверху не вписываются в имеющуюся строительную высоту, то в этом случае на всем протяжении моста или в судоходных сплавных пролетах их делают с ездой понизу.

Упомянутые выше фермы хорошо проверены в эксплуатации, однако они мало приспособлены к современным требованиям промышленного изготовления и механизированной сборки и требуют много ручной работы при их изготовлении.

§ 4. КОНСТРУКЦИИ МОСТОВ ДЛЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ УЗКОЙ КОЛЕИ

Конструкции балочных мостов

Проезжая часть состоит из поперечин диаметром 18—24 см, располагаемых через 30—40 см. Поперечины (мостовой брус) отесывают на один верхний кант до ширины постели 8—12 см и нарубают на прогоны на 2,5—3 см. Для того чтобы не

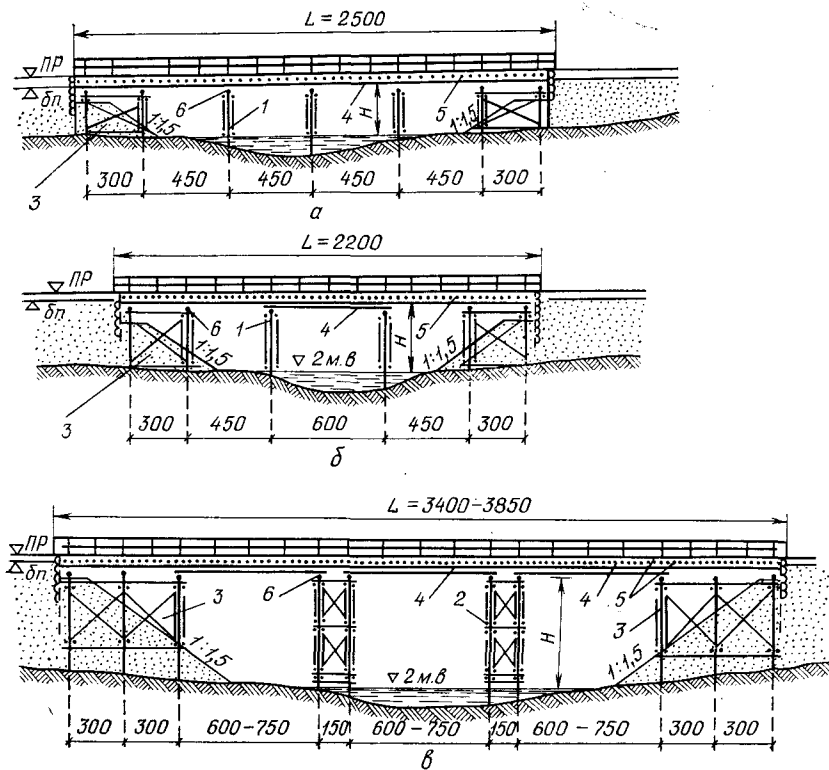


Рис. 70. Схемы балочных мостов под УЖД:

а — мост при высоте опор 2—3 м и пролете до 4,5 м; б — мост при высоте опор 3—4 м; в — мост при высоте опор 4—6 м (H); 1 — однорядная промежуточная свая; 2 — пространственная промежуточная опора; 3 — береговая опора; 4 — двухъярусный прогон; 5 — поперечина; 6 — насадка

было смещения (угона) поперечин вдоль моста, на них по обе стороны рельсов на расстоянии 1,5 м укладываются противоугонные брусья сечением 15×15 см. Между собой брусья и поперечины врубаются на 2 см и скрепляются ершами диаметром 12 мм.

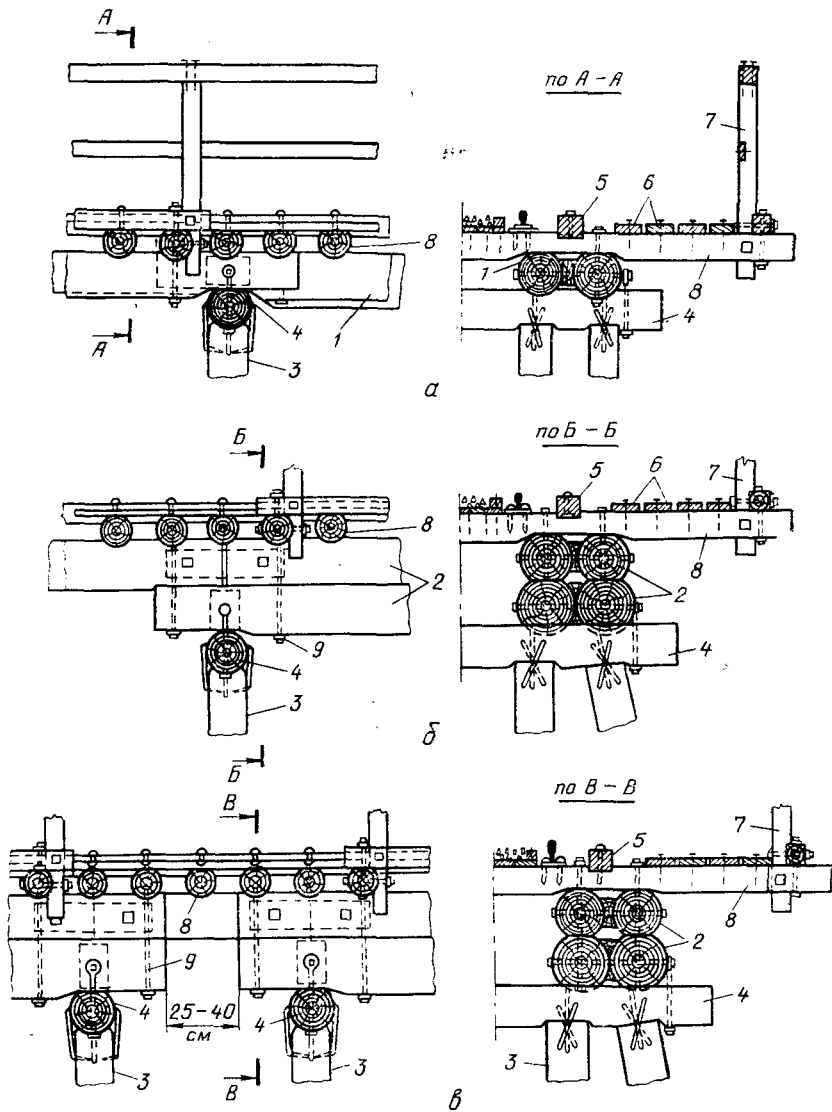


Рис. 71. Конструкции сопряжений прогонов над деревянными опорами мостов для лесовозных железных дорог узкой колеи:

а — сопряжение одноярусных прогонов; б — сопряжение одноярусных с двухъярусными прогонами; в — сопряжение двухъярусных прогонов; 1 — прогон одноярусный; 2 — прогон двухъярусный (сложный пакет); 3 — свая; 4 — насадка; 5 — противоугонный брус; 6 — одиночный настил; 7 — перильная стойка; 8 — поперечина; 9 — стяжной болт

При однополосном движении ставят два сосредоточенных прогона, располагаемых на расстоянии 1,5 м и укладываемых на насадки. При пролете до 4,5 м прогоны делают из одиночных бревен (рис. 70, а), при пролете от 5 до 8 м и более — сложные прогоны (рис. 70, б, в), состоящие из двух, четырех или шести бревен (рис. 71), отесываемых на один или два канта при ширине постели $d/2$ или $d/3$.

Сопряжение одноярусных прогонов и одноярусных с двухъярусными на опорах осуществляется в полдерева (рис. 71, а, б), а двухъярусных прогонов на пространственных опорах с раздвижкой торцов (рис. 71, в) на 25—40 см с перекрытием их стыка верхним бревном этого же прогона.

От многопролетных мостов однопролетные отличаются опираньем прогонов не на насадку, а непосредственно на головы свай.

Сопряжение между элементами мостов, как и в автодорожных мостах, осуществляется простейшими врубками и местными подтесками с обязательной постановкой металлических креплений: штырей, скоб, ершей, накладок на болтах.

На тротуары и между рельсами укладывают одинарный дощатый настил толщиной 5 см. Перильное ограждение такое же, как и в автодорожных мостах.

Помимо прогонов из цельной древесины, применяют прогоны клееные, перекрывающие пролеты до 15 м. Описание конструкций клееных прогонов приведено в автодорожных мостах.

Конструкции мостов подкосных систем и больших пролетов

Конструкции этих мостов принципиально ничем не отличаются от систем и конструкций мостов под автомобильные дороги. При большей нагрузке и повышенной динамичности перекрываемые пролеты делают значительно меньше.

Системы подкосных мостов и мостов больших пролетов широко применялись ранее на лесовозных дорогах УЖД при отсутствии конструкций из железобетона и металла. Применять эти конструкции в настоящее время нецелесообразно из-за сложности узлов, наличия врубок и мелких деталей.

§ 5. ОПОРЫ И ЛЕДОРЕЗЫ

Свайные опоры. Свайные опоры применяют в тех случаях, когда грунт допускает забивку свай. В типовых проектах глубина забивки свай обычно 4 м. Свайные опоры бывают одно-, двухрядные и пространственные.

При высоте опор до 5 м от уровня ГМВ и грунта пойм устраивают однорядные опоры. Однорядная опора под автодорогу представляет собой один ряд свай, установленных

поперек моста через 1,5—2,5 м. В мостах под УЖД однорядная опора состоит из двух (чаще спаренных) свай, поставленных на расстоянии 1,5 м друг от друга в поперечном направлении моста.

При высоте опоры менее 2—2,5 м никаких поперечных скреп-

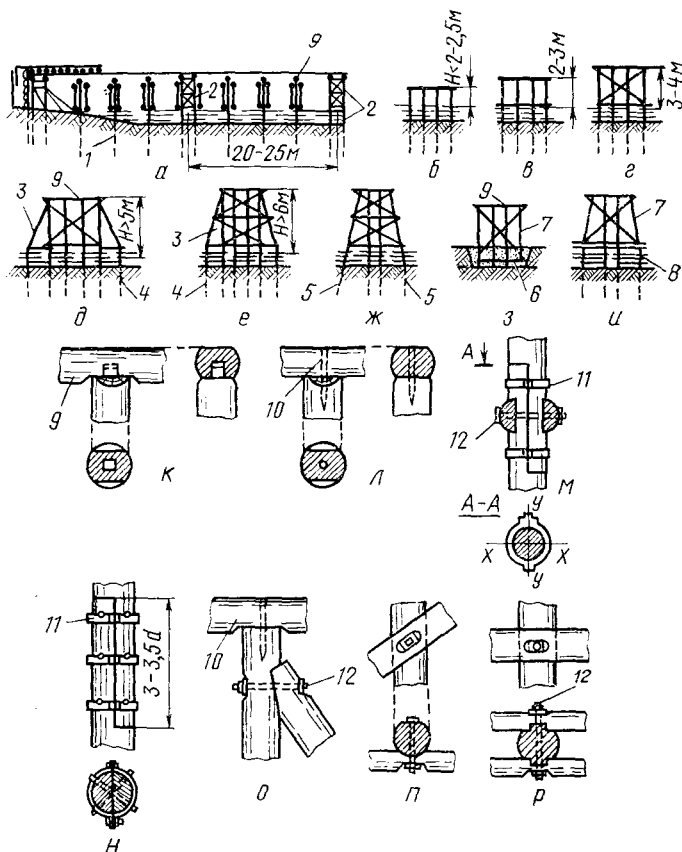


Рис. 72. Схемы и детали опор балочных мостов под автодорогу:

1 — однорядная свая; 2 — пространственная тормозная опора; 3 — укосина; 4 — откосная свая; 5 — наклонная свая; 6 — лежень; 7 — готовый блок (рама); 8 — свайное основание; 9 — насадка; 10 — металлический штырь; 11 — металлический хомут; 12 — болт

лений не ставят (рис. 72, б). При высоте опоры 2—3 м сваи в поперечном ряду соединяют парными горизонтальными схватками (рис. 72, в), а в мостах под УЖД добавляются и диагональные. В опорах, расположенных в пойме, схватки крепятся на расстоянии 50 см от уровня грунта, а в русловой — над уровнем ГМВ. При высоте опоры 3—4 м в автомобильных мостах, кроме горизонтальных, ставят диагональные схватки (рис. 72, г). При высоте опоры более 5 м, кроме вертикальных (коренных) свай,

воспринимающих нагрузку от вышележащих конструкций, по боковым сторонам опоры (моста) забивают короткие откосные сваи, в которые упираются наклонные элементы — укосины (рис. 72, *д*), обеспечивающие устойчивость опоры в поперечном направлении моста, а при высоте более 6 м устраиваются не один, а два яруса горизонтальных и диагональных схваток (рис. 72, *е*). В балочных мостах вместо укосин и откосных свай можно ставить наклонные крайние коренные сваи (рис. 72, *ж*).

При больших пролетах и нагрузках вместо однорядной ставят двухрядную опору. Расстояние между осями свай в ряду принимают, как правило, 40 см, а между этими рядами располагают горизонтальные и диагональные схватки.

При высоте опоры более 5 м, больших пролетах и нагрузках ставят пространственную опору, состоящую из двух поперечных рядов свай, поставленных друг от друга на расстоянии 1,4—3,0 м и соединенных продольными, поперечными и диагональными схватками (см. рис. 70, *в*, 72, *а*).

Этот же тип опор в автодорожных мостах ставят (при наличии однорядных и двухрядных опор) через каждые 20—25 м для обеспечения продольной жесткости моста. В этом случае пространственные опоры называют тормозными (см. рис. 72, *а*).

При большой высоте опор сваи устраивают со стыком по высоте, которые, как правило, делают в полдерева (рис. 72, *м*, *н*). Стык располагают над горизонтом меженных вод в 0,3—0,5 м в месте установок горизонтальных схваток. По верху свай укладывают поперечный элемент, называемый насадкой, на которую опирают прогоны пролетного строения. Для сопряжения насадок со сваями используют деревянный шип (рис. 72, *к*). Так как врезка шипов довольно трудоемкая работа, в современных конструкциях предпочитают ставить металлические штыри (рис. 72, *л*), которые забивают в сваю через насадку или ставят в заранее просверленное отверстие. Насадку подтесывают в местах опирания на сваи (рис. 72, *к*, *о*) или же на всей ее длине (см. рис. 72, *л*). Кроме этого, насадки укрепляют хомутами и скобами. Схватки скрепляют со сваями простыми врубками и болтами (рис. 72, *п*, *р*), причем сваи врубками не ослабляются. Укосины врубаются в сваи одиночным (рис. 72, *о*) или двойным зубом.

Рамные опоры. Эти опоры — рамно-лежневые (рис. 72, *з*) и рамно-свайные (рис. 72, *и*), их применяют при наличии плотных грунтов, не позволяющих забивать сваи, в мостах малых пролетов, на периодически действующих водотоках с тем, чтобы избежать трудоемких работ и применения специального оборудования для забивки свай.

Основное отличие от свайных опор состоит в том, что сваи частично (рис. 72, *и*) или совсем (рис. 72, *з*) заменены стойками. Расположение стоек в ряду такое же, как и в свайных опорах.

Помимо верхней имеется нижняя насадка, называемая лежнем, в которую упираются нижние концы стоек.

Рамные опоры изготавливают заранее в виде плоскостных блоков (рис. 73, б, в). В зависимости от своего расположения в опоре рамы могут быть поперечными (рис. 73, а) или продольными (рис. 73, е).

Высоту рам делают не более 5—6 м в целях использования леса стандартной длины. При большей высоте (на автомобиль-

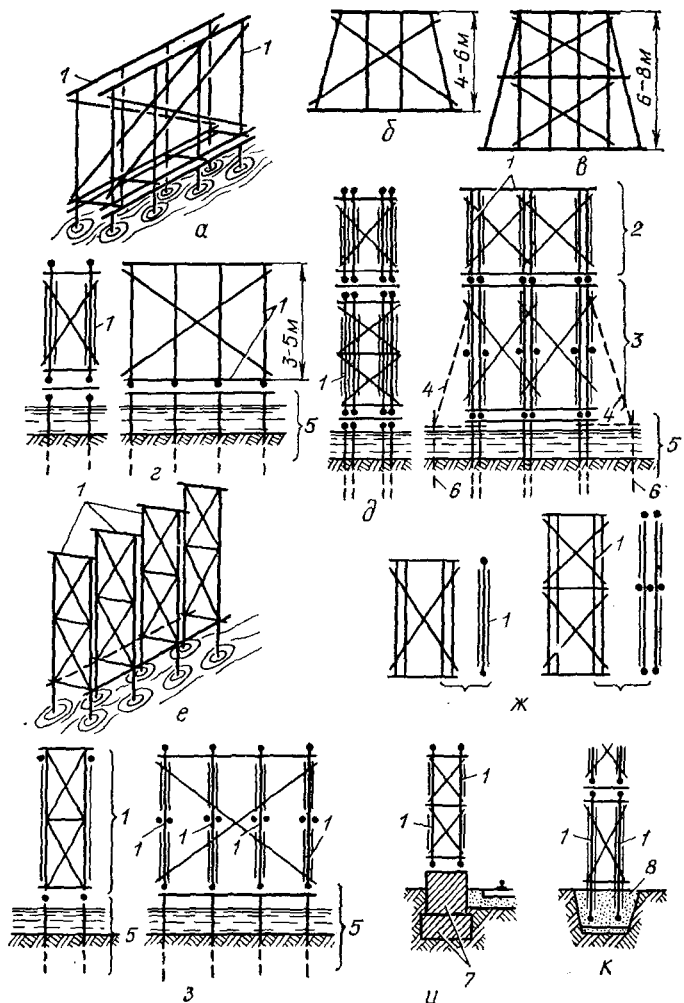


Рис. 73. Схемы рамных опор:

1 — рама; 2 — рамы верхнего яруса (только для автодорожных мостов); 3 — рамы нижнего яруса; 4 — укосина; 5 — свайное основание; 6 — дополнительная свая для укосины; 7 — массивный фундамент; 8 — котлован, засыпанный песком

ной дороге) рамные опоры делают многоярусными, устанавливая рамы друг на друга (рис. 73, д). Невысокие рамы состоят из вертикальных стоек, скрепленных наклонными схватками (рис. 73, е).

Поперечные рамы состоят из плоскостных блоков на всю ширину опоры (или моста). При установке на место их нужно соединять в продольном направлении горизонтальными и наклонными схватками (рис. 73, з).

Продольные рамы также состоят из плоскостных блоков, устанавливаемых параллельно продольной оси моста (рис. 73, е, ж). Такой тип рам применяется только для широких опор с двумя и большим числом стоек по фасаду.

Каждая опора состоит из нескольких продольных рам, устанавливаемых под местами опирания пролетных строений и связанных между собой наклонными поперечными схватками (рис. 73, д).

При выборе типа рамной опоры следует иметь в виду, что поперечные рамы имеют большую массу и значительные габариты.

Рамы передают давление на грунт через лежни, уложенные непосредственно на грунт (рис. 73, к) и сваи, забитые в грунт (свайно-рамные опоры, рис. 73, г, д, з). Основанием рамной части опор могут быть фундаменты из бетонной или каменной кладки (рис. 73, и).

Как правило, рамные опоры делают пространственными. Все элементы рам прочно связаны между собой врубками и металлическими креплениями (хомутами, скобами, болтами). В автодорожных мостах чаще всего применяют опоры с поперечными рамами.

Ряжевые опоры. При наличии скального (каменистого) дна реки или при очень слабых подстилающих основаниях большой глубины (ил, торф) устраивают ряжевые опоры.

Ряжевая опора представляет собой деревянный сруб из бревен или брусьев с обзолом, имеющий, кроме стен, днище и перегородки. Ряж устанавливают на заранее выровненное дно реки и заполняют камнем для его устойчивости. При малой высоте опоры ряж выводится до низа пролетного строения. При значительном расстоянии от ГВВ до низа пролетного строения ряж заканчивается на высоте 1 м над ГВВ, а выше идет рамная надстройка. Ширина ряжа по фасаду $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ его высоты, но не менее 2 м.

Ряжевые опоры сильно уменьшают живое сечение водотока, на их возведение расходуется большое количество леса и камня, при эксплуатации быстро загнивают венцы стенок в пределах колебания меженных вод.

На многоводных реках для улучшения обтекания водой и облегчения пропуска ледохода строят ряжи, заостренные с верховой стороны, а при быстром течении и с низовой.

Верх ряжа должен возвышаться над наивысшим горизонтом ледохода не менее чем на 0,75 м.

Прочность ряжевой опоры расчетом не проверяется, так как практикой доказано, что ее прочность всегда достаточна. Расчетом проверяют давление на грунт при полном или одностороннем загрузении ряжа, которое не должно превышать расчетного сопротивления для данного грунта.

Для устойчивости ряжа ширина его понизу должна быть не менее 0,35—0,40 его высоты. Площадь подошвы ряжа определяют по передаваемому давлению.

Многолетняя практика применения ряжевых опор показала, что их лучше всего располагать в пойменной части реки, так как в русловой их часто сносит высокой водой.

Ледорезы. Для защиты речных опор от повреждений льдинами во время ледохода устраивают ледорезы, раскалывающие лед и направляющие плывущие льдины в пролеты моста.

Наиболее интенсивно лед идет в русловой части реки, где скорости течения больше, поэтому там ставят более мощные ледорезы.

Как правило, ледорезы не связывают с опорами моста, чтобы оградить как опоры, так и пролетные строения от сотрясений при ударах льдин.

При медленном течении ледорезы располагают на расстоянии 1,5—2 м от опор, при быстром течении (свыше 2 м/с) на 4—4,5 м, чтобы, падая с ледореза и продолжая двигаться по инерции, льдины не повредили опоры. Ширину ледорезов делают равной или несколько большей ширины опор.

Ледорез объединяют с опорами моста, в ряжевых и свайных опорах на реках со слабым ледоходом.

Ледорезы, расположенные непосредственно перед опорами моста, называют предмостными. На реках с особо сильным ледоходом при толщине льда более 50 см и скорости льда 1,5—2 м/с на расстоянии 30—50 м от основных ледорезов ставят еще один ряд так называемых аванпостных ледорезов, воспринимающих первые, наиболее сильные удары больших ледяных полей.

Конструкция и основные размеры ледорезов зависят от силы ледохода, ширины защищаемых опор и горизонтов ледохода.

Ледорезы могут быть свайные и ряжевые. Свайные в свою очередь делятся на кустовые, плоские и шатровые.

На малых реках со слабым ледоходом применяют ледорезы в виде кустов, состоящих из нескольких свай, забитых рядом друг с другом в грунт на глубину не менее 3—4 м. Сваи скрепляют между собой хомутами и болтами. Верх свай должен возвышаться над горизонтом самого высокого ледохода (ГСВЛ) не менее чем на 1 м.

Для защиты более широких опор применяют кустовые ледорезы с крыльями. Такой ледорез имеет режущее ребро из куста

свай, позади которого на некотором расстоянии забивают еще две сваи на расстояние равное ширине защищаемой опоры (рис. 74, а). Эти сваи скреплены с передним кустом диагональными и горизонтальными схватками и обшиты досками или пластинами, которые образуют крылья.

Для защиты узких опор применяют плоские ледорезы, образованные из одного или двух рядов свай, при слабом или сред-

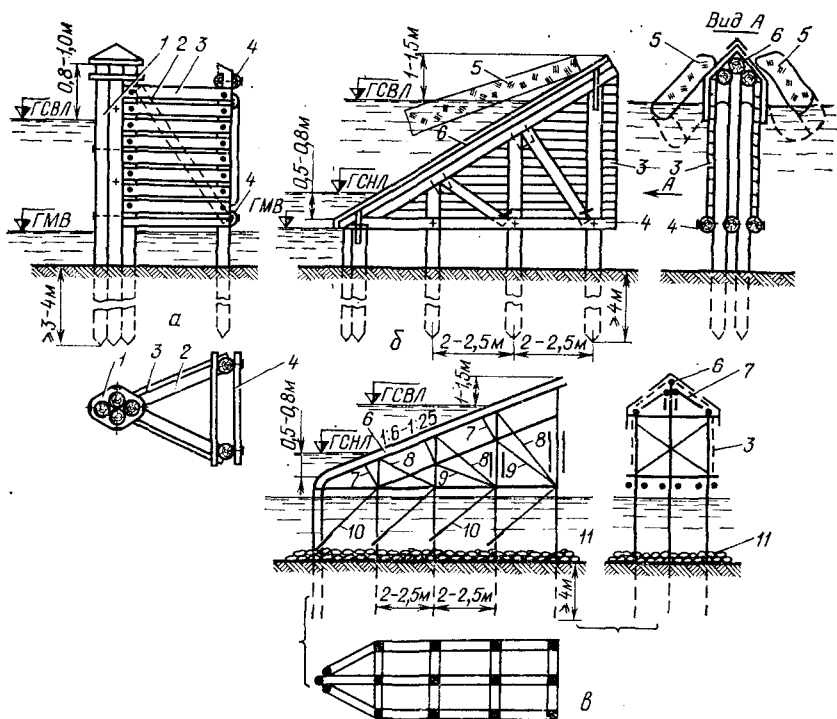


Рис. 74. Схемы конструкций свайных ледорезов:

1 — свайный куст; 2 — подкос; 3 — обшивка; 4 — горизонтальная схватка; 5 — льдина; 6 — наклонное режущее ребро (нож ледореза); 7 — подкос шатровой части; 8 — подкос в плоскости среднего ряда свай; 9 — подкос бокового ряда свай; 10 — подводный металлический тяз; 11 — каменная наброска

нем ледоходе (толщина льда не более 0,6 м и скорость течения до 1,2 м/с).

При более интенсивном ледоходе применяют ледорезы с наклонным режущим ребром (ножом). Льдины, по инерции поднявшись на нож, разламываются под собственным весом (рис. 74, б). Наклон режущего ребра при среднем ледоходе от 1:1,5 до 1:2,0, при сильном — от 1:2 до 1:2,5. Верх режущего ребра должен возвышаться над ГСВЛ на 1—1,5 м, чтобы

льдины не могли перескочить через ледорез. Нижний конец наклонного ребра располагают на 0,5—0,8 м ниже горизонта самого низкого ледохода.

Нож ледореза выполняют из нескольких бревен, укрепленных на наклонно срезанных головах свай шипами, хомутами и скобами. Прочность наклонного ледореза обеспечивается постановкой диагональных и горизонтальных схваток с обивкой досками или пластинами. Режущее наклонное ребро усиливают прибивкой сверху стальной полосы, уголка или рельса.

На многоводных реках с интенсивным ледоходом для обеспечения не только продольной, но и поперечной жесткости при-

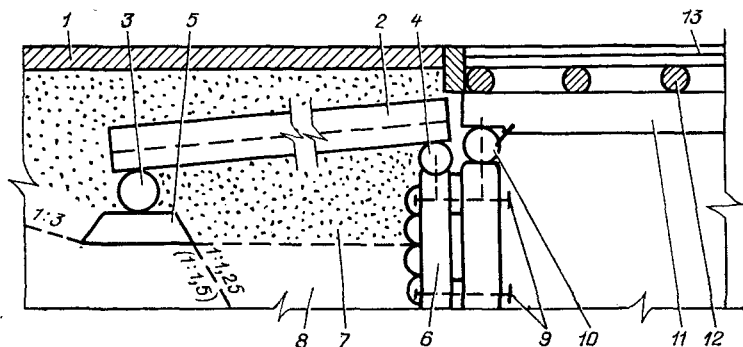


Рис. 75. Конструкция сопряжения деревянного моста с насыпью:

1 — дорожная одежда; 2 — переходная деревянная плита; 3 — опорный лежень; 4 — опорная балка; 5 — гравийно-щебеночная подушка; 6 — свая заборной стенки; 7 — крупно- и среднезернистый песок; 8 — дренирующий грунт; 9 — стяжные болты; 10 — насадка; 11 — прогон; 12 — поперечина; 13 — настил

меняют широкие ледорезы шатровой конструкции (рис. 74, в). Продольная и поперечная жесткость обеспечивается постановкой подкосов, расположенных в обоих направлениях. На головы свай среднего ряда укрепляют нож из трех сплоченных бревен. Сваи боковых рядов срезают наклонно, несколько ниже, чем сваи среднего ряда. По верху этих свай укрепляют наклонные насадки или схватки.

Шатровый ледорез на 0,3—0,5 м шире мостовой опоры. Режущее ребро и боковые грани шатровой части обшивают листовой сталью толщиной 3—5 мм. При глубине меженной воды больше 2 м сваи ледореза скрепляют подводными подкосами или тяжами. Против размыва дно вокруг ледореза следует укреплять каменной отсыпкой.

Ряжевые ледорезы применяют при очень плотных или очень слабых грунтах. Как правило, ряжевый ледорез соединяется с ряжевой опорой в одно целое. Отдельно стоящий ряжевый ледорез представляет собой ящик, с передней стороны которого двумя наклонными плоскостями образуется режущее ребро.

Сопряжение моста с насыпью дороги. В местах сопряжения моста с насыпью из-за недостаточного уплотнения грунта у стенок устоев образуются просадки, которые приводят к снижению скорости автомобилей до 40—50%, снижению их производительности до 30% [56], большому расходу топлива и увеличению себестоимости перевозок, а также к расшатыванию конструкций моста.

Просадки перед мостом образуются как за счет уплотнения грунта во время эксплуатации и водно-теплого режима, так

IX.6. Длина переходных плит

Высота насыпи, м	Длина плит, м, при грунтах основания насыпи		Высота насыпи, м	Длина плит, м, при грунтах основания насыпи	
	малосжимаемых	повышенной сжимаемости		малосжимаемых	повышенной сжимаемости
2—4	4,8 (4)	4,8 (4)	6—7	7,5 (6)	9,0 (8)
4—5	5 (4)	7,5 (6)	7—8	7,5 (6)	9,0 (8)
5—6	7,5 (4—6)	7,5—9,0 (6—8)	Более 8	9 (8)	9,0 (8)

Примечания. 1. Малосжимаемые грунты — пески влажные и насыщенные водой, супеси маловлажные, суглинки твердопластичные и т. п. К грунтам повышенной сжимаемости относятся супеси влажные, суглинки тугопластичные и т. п. 2. В скобках показаны размеры переходных железобетонных плит (см. § XI.6, рис. 89).

и за счет того, что применяемые механизмы не приспособлены для уплотнения грунтов насыпи вблизи опор.

Для перекрытия активной зоны просадок в месте сопряжения моста с насыпью необходимо устраивать переходные участки (рис. 75), которые обеспечили бы плавный въезд автомобиля на мост.

Для устройства переходных участков рекомендуется применять деревянные переходные плиты, длина которых принимается в зависимости от высоты насыпи и типа основания (табл. IX.6).

Переходные плиты бывают колеяными шириной 1 м, укладываемыми на расстоянии 1 м друг от друга в поперечном направлении дороги, или сплошными на всю ширину дороги.

Плита состоит из продольных брусев, уложенных вплотную друг к другу и скрепленных поперечными брусьями, расположенными через 2 м. Высота продольных брусев принимается: при $l=4,8—5$ м 20 см, при $l=7,5—24$ см и 9 м 26 см.

Плиты одним концом (около моста) опираются на поперечный брус, укладываемый на сваи заборной стенки, другой конец плиты опирается на лежень, выложенный из бутовой кладки (бетона) или двух скрепленных между собой бревен.

Плиты полузаглубленного типа, около моста величина заглубления от поверхности проезда 10—15 см, в другом конце плиты — 40—50 см.

Все деревянные элементы плит пропитываются антисептиками.

В мостах под УЖД сопряжение береговых опор с насыпью осуществляется конусами, в верхней части которых предусматривается устройство заборных стенок. Конусы насыпи отсыпаются из дренирующего грунта. Откосы конусов укрепляют от размыва на 0,5 м выше горизонта подтопления их водой. Тип укрепления зависит от расчетной скорости воды у сооружения.

Глава X. РАСЧЕТ ДЕРЕВЯННЫХ МОСТОВ

§ 1. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

Одиночный сплошной настил из наката. Настил рассчитывают на сосредоточенное давление заднего колеса автомобиля. Проверку на действие гусеничной (равномерно распределенной) нагрузки не делают, так как в этом случае возникают меньшие значения изгибающего момента и поперечной силы, чем от сосредоточенного груза. Собственный вес накатин вследствие его малой величины не учитывают. Каждую накатину рассчитывают для случая, когда заднее колесо автомобиля находится над накатинной (рис. 76, а).

Максимальный изгибающий расчетный момент определяют в середине пролета как для однопролетной балки на двух опорах:

$$M_p = \frac{p_3^n n_{вр}}{2} \left(\frac{l_n}{2} - \frac{b_0}{4} \right), \quad (X.1)$$

где $n_{вр}$ — коэффициент перегрузки для временной нагрузки; p_3^n — нормативное давление заднего колеса автомобиля; l_n — расстояние между осями прогонов (расчетный пролет поперечины); b_0 — ширина обода заднего колеса.

Требуемый момент сопротивления сечения накатины находят по найденному расчетному изгибающему моменту с соблюдением условия прочности:

$$\frac{M_p}{W_{тр}} \leq R_{и}, \quad (X.2)$$

где $W_{тр}$ — требуемый момент сопротивления накатины; $R_{и}$ — расчетное сопротивление древесины при изгибе.

При нахождении $W_{тр}$ (см. таблицу) необходимо учитывать ослабление от износа накатин в процессе эксплуатации, увеличивая для этого полученную его толщину на 2—3 см.

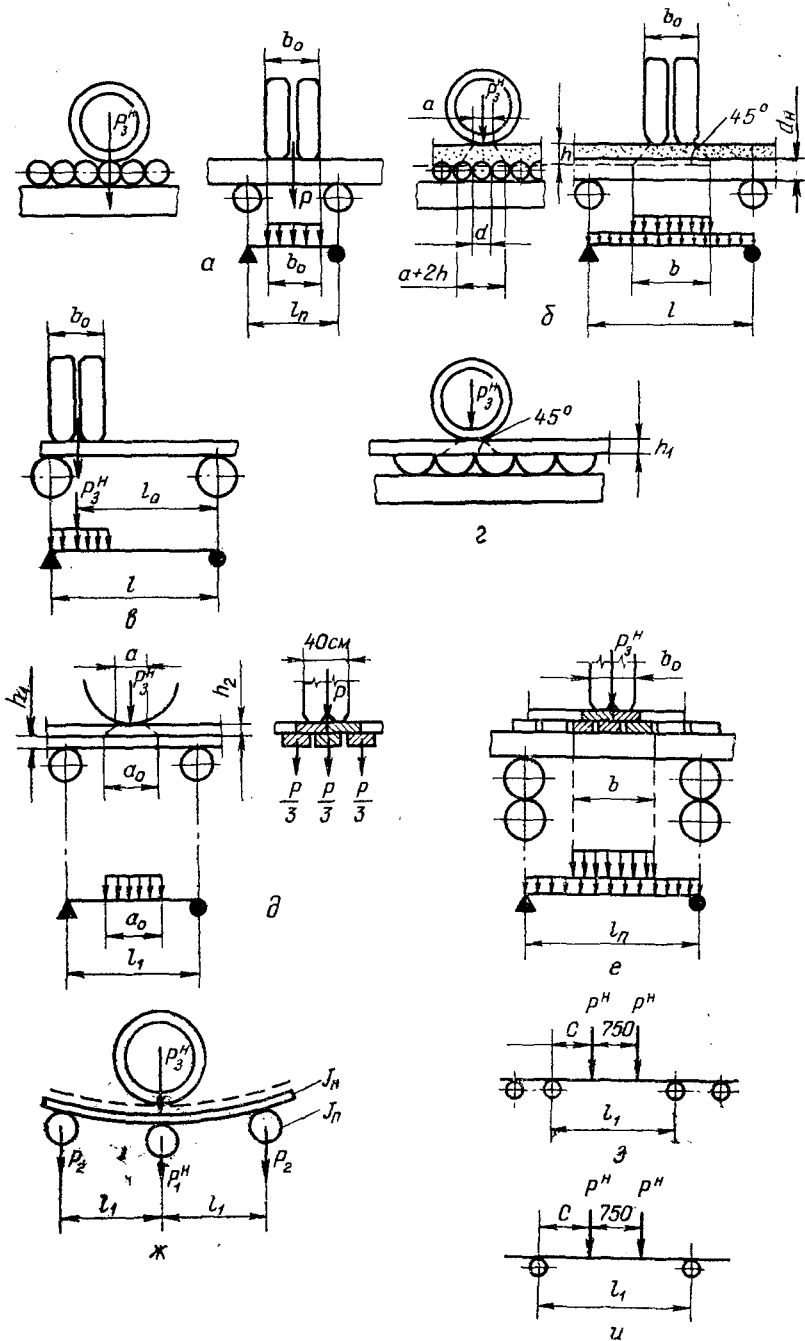


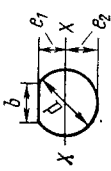
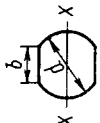


Рис. 76. Расчетные схемы настилов и поперечины:

а, в — простейшего одиночного; б — одиночного, покрытого щебеночной одеждой; г — двойного дощатого поперечного; д — двойного дощатого продольного; е — расчетная схема поперечины; ж — схема упругого распределения давления на три поперечины; з, и — расчетные схемы поперечины на УЖД

		Расчетные данные для сечений бревен и пластин						
Наименование величин								
			$b = \frac{d}{4}$	$b = \frac{d}{3}$	$b = \frac{d}{2}$	$b = \frac{d}{4}$	$b = \frac{d}{3}$	$b = \frac{d}{2}$
Площадь сечения F	$0,785d^2$	$0,392d^2$	$0,783d^2$	$0,779d^2$	$0,763d^2$	$0,781d^2$	$0,773d^2$	$0,740d^2$
Расстояния крайних волокон до нейтральной оси e_1 и e_2	$0,5d$	$0,21d$	$0,480d$	$0,475d$	$0,447d$	$0,494d$	$0,471d$	$0,433d$
	$0,5d$	$0,29d$	$0,498d$	$0,486d$	$0,486d$			
Статический момент части, лежащей выше нейтральной оси, S_x	$0,083d^3$	$0,022d^3$	$0,082d^3$	$0,080d^3$	$0,073d^3$	$0,081d^3$	$0,077d^3$	$0,063d^3$
Момент инерции относительно оси x , I_x	$0,049d^4$	$0,007d^4$	$0,048d^4$	$0,046d^4$	$0,044d^4$	$0,047d^4$	$0,045d^4$	$0,039d^4$
Наименьший момент сопротивления W_x	$0,098d^3$	$0,024d^3$	$0,096d^3$	$0,095d^3$	$0,090d^3$	$0,097d^3$	$0,095d^3$	$0,090d^3$

При расчете наката, покрытого щебеночной одеждой (рис. 76, б), следует учесть распределение давления колеса в щебеночном слое (условно) под углом 45° в пределах его толщины, а также собственный вес слоя. Расчетное давление от заднего колеса автомобиля, приходящееся на одну накатину, будет равно:

$$p_1 = \frac{p_3^H d}{a + 2h} n_{вр}, \quad (X.3)$$

где d — диаметр накатины; a — длина соприкосновения колеса с поверхностью покрытия (см. табл. VIII.4); h — глубина распространения давления, которую условно принимают на $1/4 d$ ниже верха накатин.

В поперечном направлении давление от колеса автомобиля передается на величину $b = b_0 + 2h$.

Расчетный изгибающий момент в элементе настила от постоянной и временной нагрузок:

$$M = \frac{q_p^c l^2}{8} + \frac{p_1}{2} \left(\frac{l}{2} - \frac{b}{4} \right), \quad (X.4)$$

где q_p^c — суммарная расчетная постоянная нагрузка на 1 пог. м накатины;

$$q_p^c = q_n n_{с.в} + q_{щ} n_{щ},$$

где q_n , $q_{щ}$ — погонная нормативная нагрузка от собственного веса накатины и щебня;

$$q_n = \frac{\pi d_n^2}{4} \gamma_d; \quad q_{щ} = d_n h \gamma_{щ};$$

$n_{с.в}$, $n_{щ}$ — соответственно коэффициент перегрузки для веса накатины (равен 1,2) и щебня (равен 1,5); d_n — диаметр накатины; γ_d , $\gamma_{щ}$ — объемная масса древесины и щебня.

Проверка накатин на скалывание по наибольшей поперечной расчетной силе Q , возникающей при положении груза у опоры (рис. 76, в), равна:

при одиночном настиле

$$Q = \frac{p_3^H n_{вр} l_0}{l}; \quad (X.5)$$

при щебеночной одежде

$$Q = \frac{p_1 l_0}{l} + \frac{q_p^c}{2}. \quad (X.6)$$

Скалывающее напряжение

$$\frac{QS}{Ib} \leq R_{ск}, \quad (X.7)$$

где S — статический момент полусечения относительно нейтральной оси накатины; I — момент инерции сечения накатины; b — ширина сечения по нейтральной оси накатины; $R_{ск}$ — расчетное

сопротивление древесины на скалывание (см. табл. IX.1); S, l, b — находят по таблице.

Двойной настил. Высота верхнего настила (настила износа) принимается конструктивно 5—7 см. Нижний (рабочий) настил рассчитывают как однопролетную балку, свободно лежащую на двух опорах.

При верхнем продольном и поперечном нижнем настиле считают, что давление передается на два его элемента (рис. 76, з). При этом поперек моста давление обода колеса через верхний настил передается под углом 45° на величину b .

Расчетный изгибающий момент, действующий на одну накатину, определяют без учета собственного веса конструкции:

$$M = \frac{p_3^n n_{вп}}{4} \left(\frac{l}{2} - \frac{b}{4} \right); \quad (X.8)$$

$$b = b_0 + 2h_1,$$

где h_1 — толщина досок верхнего настила.

Расчет на скалывание дан в формулах (X.5 и X.7).

При двойном продольном дощатом настиле нижний опирается на поперечины (рис. 76, д). Давление от колеса автомобиля на нижний настил передается в зависимости от ширины обода (ската) колеса.

Условно считают, что при ширине обода $b_0 = 30$ и 40 см давление передается соответственно на ширину $b = 2,5$ и 3 доски (рис. 76, е) рабочего настила (при ширине верхнего настила 20 см и нижнего 18 — 20 см). При большей ширине обода колеса автомобиля ширина рабочего настила может определяться по формуле $b = b_0 + 2h_1$, что ведет к некоторому (порядка 10%) недоиспользованию прочности нижнего настила. Рабочий настил при этом (рис. 76, д) также рассчитывают как свободно лежащую балку на двух опорах с расчетным пролетом l_1 , равным расстоянию между осями поперечин.

Расчетный изгибающий момент:

$$M_p = \frac{p_p}{2} \left(\frac{l_1}{2} - \frac{a_0}{4} \right), \quad (X.9)$$

где p_p — расчетная нагрузка от колеса автомобиля; $p_p = p_3^n n_{вп}$; $a_0 = a + 2h_1$.

Требуемый момент сопротивления нижнего настила $W_{тр} = \frac{M_p}{R_n}$, при этом требуемую высоту нижнего настила находят из формулы

$$W_{тр} = \frac{bh_2^2}{6},$$

где h_2 — толщина досок нижнего настила.

Поперечины. Рассчитывают только на автомобильную нагрузку с учетом и без учета упругого распределения, как свободно лежащие балки с пролетом $l_{\text{п}}$, равным расстоянию между осями прогонов. Нагрузку (заднее колесо) устанавливают по середине пролета. Гусеничная нагрузка всегда вызывает меньшие значения изгибающих моментов.

Без учета упругого распределения расчет производится при расположении стыков нижнего настила над каждой поперечиной. При этом давление колеса передается только на одну поперечину, над которой располагается нагрузка.

Расчетный изгибающий момент от временной и постоянной нагрузок, действующий на поперечину, определяют по формуле

$$M = \frac{q_{\text{р}} l_{\text{п}}^2}{8} + \frac{p_{\text{з}}^{\text{н}} n_{\text{впр}}}{2} \left(\frac{l_{\text{п}}}{2} - \frac{b}{4} \right), \quad (\text{X.10})$$

где $q_{\text{р}}$ — погонная расчетная нагрузка;

$$q_{\text{р}} = (q_1^{\text{н}} + q_2^{\text{н}}) n_{\text{с. в}},$$

где $q_1^{\text{н}}$ — погонная нормативная нагрузка от собственного веса двух настилов;

$$q_1^{\text{н}} = (h_1 + h_2) \gamma_{\text{д}} l_{\text{п}},$$

где $q_2^{\text{н}}$ — погонная нормативная нагрузка от собственного веса поперечины;

$$q_2^{\text{н}} = \frac{\pi d_{\text{п}}^2}{4} \gamma_{\text{д}},$$

где $d_{\text{п}}$ — диаметр поперечин (предварительно задается ориентировочно).

Затем из формулы (X.2) находят $W_{\text{тр}}$, а по нему — диаметр поперечины.

С учетом упругого распределения расчет производится при расположении нижнего (рабочего) настила над поперечинами вразбежку (две рядом лежащие доски нижнего настила стыкуются на разных поперечинах). Учет этого влияния производится коэффициентом упругого распределения

$$K_{\text{упр}} = \frac{8I_{\text{п}}^3}{l^3 I_{\text{н}}}, \quad (\text{X.11})$$

где $I_{\text{п}}$, $I_{\text{н}}$ — моменты инерции соответственно поперечины и досок нижнего настила шириной b .

Если $K_{\text{упр}} > 1/3$, то давление сосредоточенной нагрузки $P_{\text{з}}^{\text{н}}$ передается на три поперечины, причем на среднюю передается наибольшее (рис. 76, ж).

$$p_1^{\text{н}} = \alpha_1 p_{\text{з}}^{\text{н}}, \quad (\text{X.12})$$

где

$$\alpha_1 = \frac{1 + 2K_{\text{упр}}}{3 + 2K_{\text{упр}}}. \quad (\text{X.13})$$

При $1/3 < K_{\text{упр}} > 0,055$ давление колеса передается на пять поперечин, причем на среднюю передается также максимальное давление:

$$p_2^{\text{н}} = \alpha_2 p_3^{\text{н}}, \quad (\text{X.14})$$

где

$$\alpha_2 = \frac{1 + 18K_{\text{упр}} + 7K_{\text{упр}}^2}{5 + 34K_{\text{упр}} + 7K_{\text{упр}}^2}. \quad (\text{X.15})$$

При $K_{\text{упр}} \leq 0,055$ давление передается на семь поперечин и максимальное значение на среднюю поперечину равно:

$$p_3^{\text{н}} = \alpha_3 p_3^{\text{н}}, \quad (\text{X.16})$$

где

$$\alpha_3 = \frac{1 + 72K_{\text{упр}} + 131K_{\text{упр}}^2 + 26K_{\text{упр}}^3}{7 + 196K_{\text{упр}} + 193K_{\text{упр}}^2 + 26K_{\text{упр}}^3}. \quad (\text{X.17})$$

После нахождения максимальной нормативной нагрузки, действующей на поперечину, с учетом распределяющего действия нижнего настила определяют изгибающий момент по формуле (X.10), в которую вместо $p_3^{\text{н}}$ вставляют $p_1^{\text{н}}$ или $p_2^{\text{н}}$ или $p_3^{\text{н}}$. По моменту M_p и расчетному сопротивлению древесины на изгиб $R_{\text{и}}$ определяют новое сечение поперечины. Кроме этого, поперечина рассчитывается на скалывание по формулам (X.5) и (X.7).

В мостах под УЖД в проезжей части расчету подлежат мостовые брусья (поперечины). Поперечину рассчитывают как разрезную балку на двух опорах, с расчетным пролетом, равным расстоянию между осями прогонов. Нагрузку от колес принимают в виде сосредоточенных сил $p^{\text{н}}$. При весе рельса до 240 Н/м считают, что нагрузка от колесной пары передается только на один брус, расположенный у стыка рельса. При весе рельса более 240 Н/м нагрузка передается не на одну, а на несколько поперечин за счет упругого распределения нагрузки от колеса через рельс (т. е. за счет большой жесткости рельса).

При учете упругого распределения сначала определяют коэффициент K_y упругого распределения нагрузки:

$$K_y = \frac{E_{\text{п}} I_{\text{п}}}{E_{\text{р}} I_{\text{р}}} \cdot \frac{a^3}{c^2 (3I_1 - 4c)}, \quad (\text{X.18})$$

где $E_{\text{п}} I_{\text{п}}$, $E_{\text{р}} I_{\text{р}}$ — соответственно жесткость поперечины и рельса; a — расстояние между осями поперечины; c — расстояние от

оси рельса до ближайшего прогона (рис. 76, з, и); l_1 — расстояние между осями прогонов (при двухрядных прогонах расстояние между осями внутренних прогонов), между которыми расположены рельсы.

В зависимости от величины K_y , полученной по формуле (X.18), определяют коэффициенты α по формулам (X.13) или (X.15), или (X.17). Затем определяют нормативное давление, действующее на поперечину, по формулам (X.12) или (X.14), или (X.16), где вместо p_a^H подставляют наибольшее давление от колеса подвижного состава.

Расчетный изгибающий момент в поперечине (рис. 76, з, и)

$$M_p = p^H c n_{вp} (1 + \mu). \quad (X.19)$$

Прочность рассчитывают по формуле (X.2). Кроме этого, поперечина рассчитывается на скалывание и смятие площадок на прогоне и под рельсовой подкладкой.

§ 2. РАСЧЕТ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ПРОГОНОВ

При расчете балочных и простых подкосных систем прогоны считают свободно опертыми над всеми опорами и верхними узлами подкосов.

Для нахождения в прогоне автомобильного моста наибольших усилий от временной нагрузки ее располагают в самое невыгодное положение как поперек, так и вдоль моста. При невыгодном расположении нагрузки поперек моста находят так называемый коэффициент поперечной установки K_a для наиболее нагруженного (обычно среднего) прогона. Его определяют по линиям влияния опорного давления в предположении, что поперечины над прогонами разрезаны и имеют стыки. Это возможно при использовании для поперечин короткомерного лесоматериала.

При автомобильной нагрузке задние колеса двух автомобилей устанавливают так, чтобы одно из них находилось над рассчитываемым прогоном (рис. 77, а). Ординаты y_1 и y_2 показывают долю величины давления соседних колес (величина, которая также принята за единицу) на рассматриваемый прогон.

Таким образом, полное давление для среднего (№ 2) прогона равно $K_a = 1 + y_1 + y_2$, при этом ординаты $y_1 = \frac{l_1}{l}$; $y_2 = \frac{l_2}{l}$ (см. рис. 77, а).

При тракторной нагрузке (рис. 77, б) одну гусеницу устанавливают над рассматриваемым прогоном. Так как расстояние между осями гусениц (2,5 и 2,6 м) обычно превышает расстояние между осями прогонов, то вторая гусеница не будет оказывать влияния на этот прогон, поэтому коэффициент поперечной установки от нее $K_r = 1$.

При учете ширины гусеницы b коэффициент поперечной установки (см. рис. 77, б) определяют по формуле

$$K_r = 1 - \frac{b}{4l_1} \quad (X.20)$$

Расчет на прочность. При определении максимального изгибающего момента, действующего на прогон, возможны два случая установки автомобильной нагрузки вдоль моста.

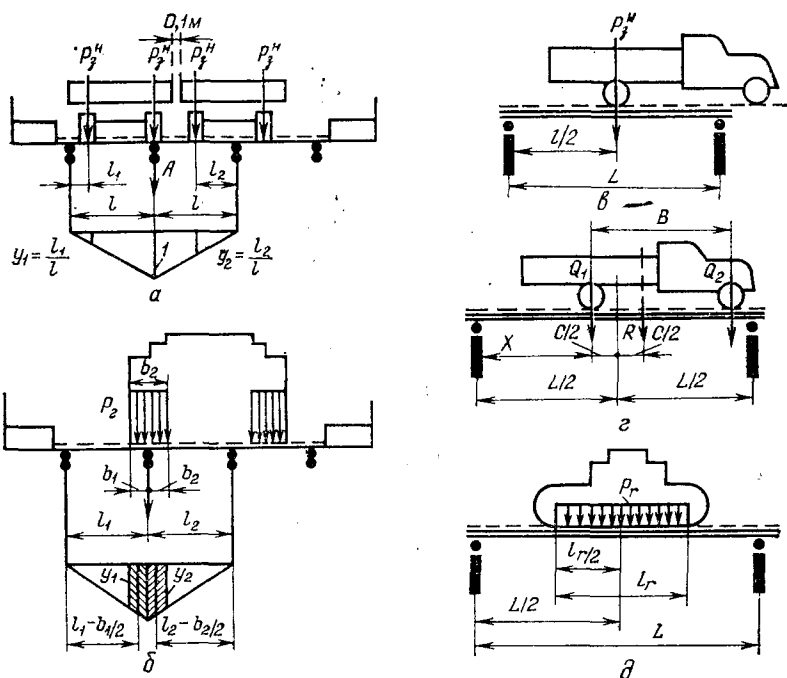


Рис. 77. Расчетные схемы сосредоточенных прогонов

При пролете прогона менее 7,5 м заднюю ось автомобиля устанавливают в середине его длины (рис. 77, в), при этом расчетные изгибающие моменты определяют по формулам:

от постоянной нагрузки

$$M_q = \frac{q_n L^2}{8} n_{с. в.} \quad (X.21)$$

где q_n — погонная нормативная нагрузка от собственного веса проезжей части и прогона; L — расчетный пролет прогона;

от автомобильной нагрузки

$$M_a = \frac{P_3^H L}{4} K_a n_{в.р.} \quad (X.22)$$

Суммарный расчетный изгибающий момент

$$M_p^a = M_q + M_a. \quad (\text{X.23})$$

При пролете прогона более 7,5 м наибольший изгибающий момент от автомобильной нагрузки получается при размещении осей автомобиля (теорема Винклера) так, чтобы середина пролета прогона совпадала с серединой расстояния между равнодействующей обоих грузов и ближайшим к ней грузом (обычно это заднее колесо) (рис. 77, *з*).

Расчетные изгибающие моменты:

от автомобильной нагрузки

$$M_a = \frac{RX^2 n_{\text{вп}} K_a}{L}, \quad (\text{X.24})$$

где R — равнодействующая грузов от переднего и заднего колес автомобиля

$$R = p_3^n + p_n^n; \quad X = \frac{L}{2} - \frac{C}{2}$$

от постоянной нагрузки

$$M_q = \frac{q_n n_{\text{с. в}}}{8} (L^2 - C^2), \quad (\text{X.25})$$

где $C = \frac{p_n^n B}{p_n^n + p_3^n}$ для стандартных нагрузок Н-8, Н-10 и Н-13
(B — база автомобиля).

Суммарный расчетный изгибающий момент в прогоне определяют по формуле (X.23).

При определении максимального изгибающего момента в прогоне от гусеничной нагрузки также возможны два случая установки ее вдоль моста.

При расчетном пролете прогона меньше опорной длины гусеницы максимальный изгибающий момент находится по формуле

$$M = \frac{q_n^n L^2}{8} n_r K_r, \quad (\text{X.26})$$

где q_n^n — погонная нормативная нагрузка от одной гусеницы;
 n_r — коэффициент перегрузки тракторной нагрузки.

При расчетном пролете прогона больше опорной длины гусеницы (рис. 77, *д*) максимальный изгибающий момент находится при симметрично расположенном тракторе посередине пролета

$$M_r = \frac{p_r}{2} \left(\frac{L}{2} - \frac{l_r}{4} \right) n_r K_r, \quad (\text{X.27})$$

где p_r — нормативная нагрузка, передаваемая одной гусеницей;
 l_r — опорная длина гусеницы.

Суммарный расчетный изгибающий момент

$$M_p^r = M_r + M_q. \quad (X.28)$$

Сечение прогона подбирают по максимальному суммарному изгибающему моменту M_p^a или M_p^r . Момент сопротивления прогона:

$$W_{тр} = M_p^a / R_{и}, \text{ или } W_{тр} = M_p^r / R_{и}.$$

Расчет по деформациям. При расчете по второму предельному состоянию прогибы прогона определяют от временных нормативных нагрузок без учета коэффициентов перегрузки.

Прогиб от действия сосредоточенной силы (заднего колеса автомобиля), приложенной в середине пролета,

$$f = \frac{p_s^H L^3}{48EI} K_a. \quad (X.29)$$

Прогиб от действия гусеничной нагрузки при пролете прогона меньшей опорной длины гусеницы

$$f = \frac{5q_r^H L^4}{384EI} K_r. \quad (X.30)$$

при пролете прогона больше опорной длины гусеницы, расположенной посредине пролета,

$$f = \frac{p_r (L - l_r) L^2}{48EI} \left(1 + \frac{l_r}{L} - \frac{l_r^2}{L^2} \right). \quad (X.31)$$

Прогиб прогонов от временной нагрузки не должен превышать $1/180L$. В однопролетных мостах и при пропуске колесной и гусеничной нагрузок прогиб разрешается увеличивать на 20%. Для временных мостов (со сроком службы до 5 лет) $f = 1/120L$.

При расчете прогонов с использованием эквивалентных нагрузок (ЭН) уравнение расчетного изгибающего момента имеет вид:

$$M_p = [q_{н.в} n_{с.в} + q_{эвк} n_{вр} K (1 + \mu)] \omega, \quad (X.32)$$

где $q_{эвк}$ — эквивалентная нагрузка от автомобильной или гусеничной нагрузок, кН/м;

$1 + \mu$ — динамический коэффициент;

K — коэффициент поперечной установки (K_a или K_r);

ω — площадь линии влияния; для разрезной балки на двух опорах $\omega = L^2/8$ (здесь L — расчетная длина прогона, м).

Подбор поперечного сечения прогона производится по формуле (X.2).

Расчет по деформациям с использованием ЭН. Предельный прогиб определяют по формуле

$$f = \frac{5q_{\text{экр}}L^4K}{384EI n_6}, \quad (\text{X.33})$$

где n_6 — число бревен в прогоне.

Расчет на прочность прогонов под УЖД с использованием ЭН производится по формуле (X.32), из которой исключается коэффициент поперечной установки K , а $q_{\text{экр}}$ находится от подвижного состава для УЖД. Подбор поперечного сечения прогона производится по формуле (X.2). Расчет по деформациям производится по формуле (X.33) с исключением K . Прогиб прогона не должен превышать $1/400L$.

§ 3. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КЛЕЕННЫХ И КЛЕЕФАНЕРНЫХ БАЛОК

По клееным балкам может быть уложена деревянная конструкция проезжей части, которая не работает совместно с прогонами. В этом случае клееные балки работают только на изгиб. Расчет ведут без учета податливости клеевых швов, т. е. как монолитных сечений.

Расчет на изгиб клееных балок сплошного сечения производят в основном так же, как и обычных балок по формулам: нормальные напряжения

$$\frac{M_p}{W_{нт} m_6} \leq R_{и};$$

скалывающие напряжения (по клеевому шву)

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{F_{бр}} \leq R_{ск},$$

- где M_p — расчетный изгибающий момент, найденный по формулам (X.23), (X.28) или (X.32);
 $W_{нт}$ — момент сопротивления нетто рассматриваемого поперечного сечения;
 Q — расчетная поперечная сила;
 m_6 — коэффициент условий работы для балок прямоугольного сечения, приведен ниже;
 $F_{бр}$ — площадь сечения брутто;
 $R_{и}$, $R_{ск}$ — расчетные сопротивления клееной древесины соответственно при изгибе и скалывании.

Коэффициент m_6 к моменту сопротивления при изгибе клееных элементов

h , см	50	60	70	80	100	120 и более
m_6	1,15	1,05	1,0	0,9	0,85	0,80

Примечание. При ширине сечения менее 14 см R_u принимают не более 13 МПа (табл. IX. 1).

При расчете на изгиб балок двутаврового сечения вводится дополнительный коэффициент m_1 , зависящий от отношения толщины стенки b_c к ширине поясов b (см. рис. 69). При b_c/b , равном $1/2$, $1/3$ и $1/4$, коэффициент m_1 принимается соответственно 0,9; 0,8 и 0,75.

Расчет клееных балок прямоугольного сечения по второму предельному состоянию (на прогиб) производят по формулам (X.29), (X.30) или (X.31). При определении прогибов балок двутаврового сечения в эти же формулы (по данным СоюздорНИИ) вводят коэффициент 1,2.

Расчет клефанерных балок. Специфической особенностью клефанерных балок является наличие в них тонкой фанерной

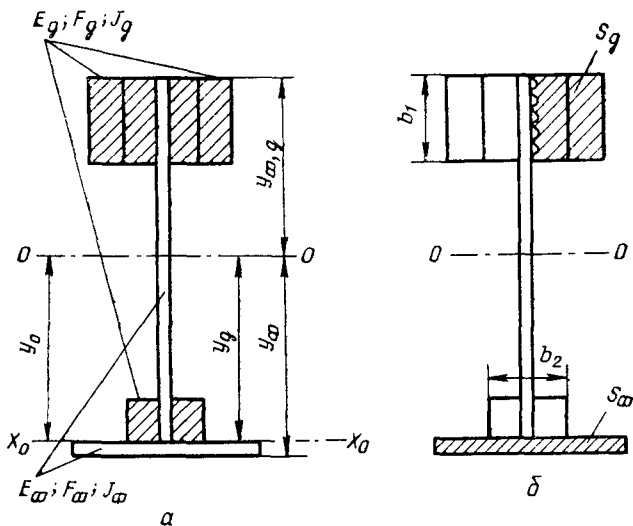


Рис. 78. Расчетные схемы клефанерных балок

стенки толщиной 10—12 мм, которая требует специальных конструктивных мер от потери устойчивости. Жесткость фанерной стенки можно обеспечить постановкой ребер жесткости и постановкой стенки не из плоской, а из волнистой фанеры.

При расчете клефанерных балок, состоящих из фанеры и древесины (с разными модулями упругости), пользуются условным «приведенным» сечением, в котором геометрические характеристики приведены к одному из материалов, составляющих балку.

Нейтральную ось $O-O$ поперечного сечения (рис. 78) определяют из формулы

$$y_0 = \frac{S_{\Phi}^{np}}{F_{\Phi}^{np}} = \frac{S_{\Delta}^{np}}{F_{\Delta}^{np}}. \quad (X.34)$$

Приведенные геометрические характеристики поперечного сечения клефанерной балки определяются по формулам:

Приведенные площади (рис. 78, а):
к фанере

$$F_{\Phi}^{np} = F_{\Phi} + F_{д} \frac{1}{n} = F_{д}^{np} \frac{1}{n}; \quad (X.35)$$

к древесине

$$F_{д}^{np} = F_{д} + F_{\Phi} n = F_{\Phi}^{np} n. \quad (X.36)$$

Статические моменты (рис. 78, б) относительно оси x_0 сечения, приведенного к фанере

$$S_{\Phi}^{np} = S_{\Phi} + S_{д} \frac{1}{n} = S_{д}^{np} \frac{1}{n}; \quad (X.37)$$

к древесине

$$S_{д}^{np} = S_{д} + S_{\Phi} n = S_{\Phi}^{np} n. \quad (X.38)$$

Моменты инерции сечения относительно нейтральной оси $O-O$:

$$I_{\Phi}^{np} = I_{\Phi} + I_{д} \frac{1}{n} = I_{д}^{np} \frac{1}{n}; \quad (X.39)$$

$$I_{д}^{np} = I_{д} + I_{\Phi} n = I_{\Phi}^{np} n. \quad (X.40)$$

В этих формулах F_{Φ} и $F_{д}$ — соответственно площади фанерных и деревянных элементов сечения; n — коэффициент приведения сечения; $n = E_{\Phi}/E_{д}$ (здесь E_{Φ} , $E_{д}$ — соответственно модули упругости фанеры и древесины); S_{Φ} , $S_{д}$ — соответственно статические моменты площади фанерных и деревянных элементов сечения относительно оси x_0 ; I_{Φ} , $I_{д}$ — соответственно моменты инерции фанерных и деревянных элементов сечения относительно нейтральной оси $O-O$ всего сечения; S_{Φ}^{np} , $S_{д}^{np}$ и I_{Φ}^{np} , $I_{д}^{np}$ — то же, но приведенные соответственно к фанере и дереву.

Нормальные напряжения в балке определяют по формулам: для фанерных элементов сечения

$$\frac{MY_{\Phi}}{I_{\Phi}^{np} m_n} \leq R_{н}^{\Phi}; \quad (X.41)$$

для деревянных элементов сечения

$$\frac{MY_{д}}{I_{д}^{np} m_n} \leq R_{н}^д; \quad (X.42)$$

где Y_{Φ} , $Y_{д}$ — расстояния от нейтральной оси $O-O$ до наиболее удаленных точек фанерных и деревянных частей сечения;

m_n — коэффициент условий работы, равный 1;

$m_n = 0,9$ при наличии в клеефанерной балке—растянутом (нижнем) поясе элемента — бакелизированной фанеры;

R_n^ϕ, R_n^d — расчетные сопротивления бакелизированной фанеры и древесины при работе на изгиб.

Скалывающие напряжения в клеевых швах и в фанерной стенке на уровне нейтральной оси

$$\tau = \frac{QS^{np}}{I^{np}b} \leq R_{ск}, \quad (X.43)$$

где Q — расчетная поперечная сила в рассматриваемом сечении;

S^{np} — статический момент отсекаемой части сечения, приведенный к фанере или дереву в клеефанерных балках;

I^{np} — момент инерции балки, приведенный к фанере или дереву в клеефанерных балках;

b — ширина стенки или клеевого шва в месте проверки;

$R_{ск}$ — расчетное сопротивление на скалывание проверяемого материала балки.

Кроме того, производится проверка по условному среднему касательному напряжению в стенке с учетом ее работы на устойчивость:

$$\tau = \frac{Q}{h_0\delta_\phi} \leq \varphi R_{ск}^\phi, \quad (X.44)$$

где h_0 — расстояние между геометрическими осями поясов балки;

δ_ϕ — толщина фанерной стенки;

φ — коэффициент, учитывающий запас на устойчивость стенки; $\varphi = \left(\frac{65}{a} \delta_\phi\right)^2$ (здесь a — расстояние в свету между ребрами жесткости); a принимают равным $(1/8 - 1/10) l$ (l — длина пролета, м).

Наибольший прогиб прогона (расчет по 2-й группе предельных состояний) определяется с учетом деформации клеевых швов под нагрузкой по формуле

$$f' = \beta f,$$

где β — коэффициент, учитывающий податливость клеевых швов в прогонах с фанерной стенкой;

$$\beta = 1 + \alpha \frac{h^2}{l^2};$$

α — коэффициент, зависящий от касательных напряжений, для балок с фанерной стенкой $\alpha = 90$;

f — прогиб, подсчитанный по формулам X.29, X.30 и X.31.

§ 4. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ СВАЙНЫХ ОПОР

В свайных опорах балочных мостов рассчитывают: на вертикальную нагрузку насадку и сваю, на горизонтальную — опору в целом и укосину (при ее наличии в высоких опорах).

Наиболее нагруженными являются промежуточные опоры, на которые передается нагрузка с двух смежных пролетов, а на береговые — только с одного примыкающего.

Расчет насадки. При опирании на насадку сосредоточенных прогонов она работает на местное смятие под прогонами и в местах опирания самой насадки на сваю.

Наибольшее расчетное давление при сосредоточенных прогонах:

от автомобильной нагрузки (рис. 79, а), собственного веса проезжей части, веса прогонов и металлических креплений $q_{с. в}^H$

$$B_a = q_{с. в}^H L n_{с. в} + (p_3^H y_1 + p_n^H y_2 + p_n^H y_3 + p_3^H y_4) n_{вр} K_a, \quad (X.45)$$

где p_3^H и p_n^H — нормативное давление заднего и переднего колеса утяжеленного автомобиля;

p_n^H и p_3^H — то же нормального автомобиля;

$$y_1 = 1; y_2 = l_2/L; y_3 = l_3/L \text{ и } y_4 = l_4/L;$$

от гусеничной нагрузки и собственного веса

$$B_r = q_{с. в}^H L n_{с. в} + p_r \left(1 - \frac{l_r}{2L}\right) n_{вр}. \quad (X.46)$$

От временных нагрузок для УЖД наибольшее давление можно найти с помощью линий влияния и эквивалентных нагрузок.

Прочность насадки на смятие проверяется по формуле

$$\frac{B_{\max}}{F_{см} m_{см}} \leq R_{см}, \quad (X.47)$$

где B_{\max} — наибольшее расчетное давление от B_a или B_r ;

$F_{см}$ — площадь смятия насадки под прогоном или над свай (в зависимости от места проверки прочности);

$m_{см}$ — коэффициент условий работы на смятие равный 1,2;

$R_{см}$ — расчетное сопротивление на смятие насадки поперек волокон.

Площадь смятия насадки под прогоном $F_{см} = a'b'$ (рис. 79, б, в) имеет обычно прямоугольную форму. Площадь смятия насадки над свайей

$$F_{см} = ab - F_{осл} \text{ при } a = b,$$

где $F_{осл}$ — площадь ослабления шипом или штырем.

Затем по найденной площади смятия $F_{см}$ находят диаметр сваи, который принимают несколько меньше диаметра насадки, если она с одним или двумя кантами; если же насадка из бруса, то его ширина обычно равна диаметру сваи (рис. 79, е).

При стеске верха сваи на квадрат диаметр сваи $d_{св} = \sqrt{2a^2}$.
 Расчет сваи. Расчет сваи на сжатие с учетом продольного

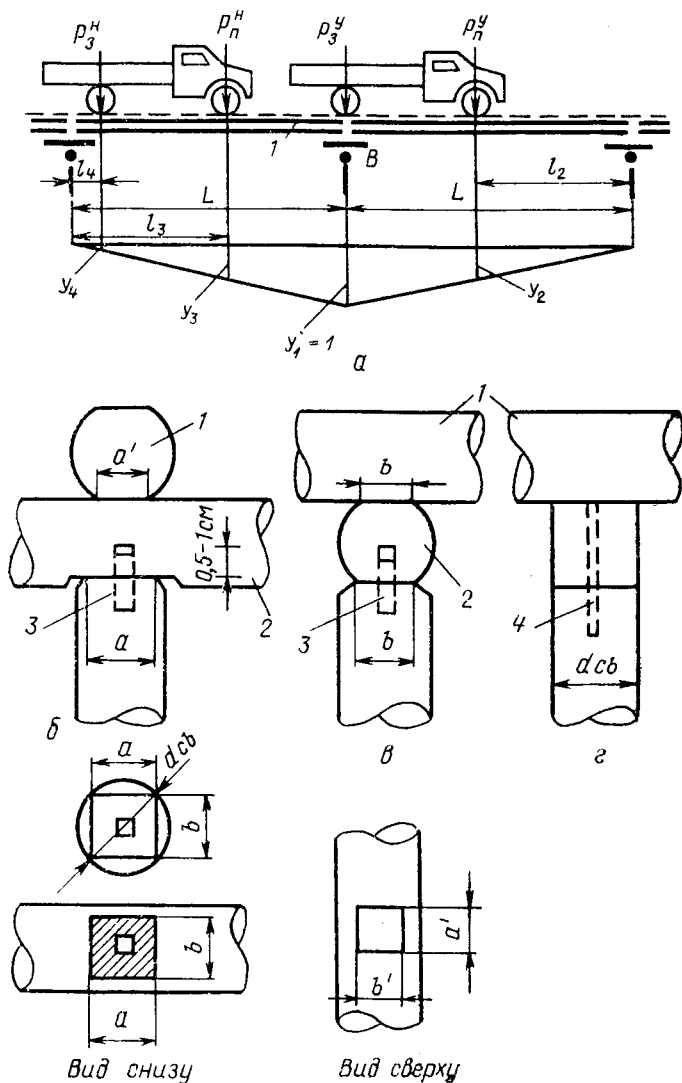


Рис. 79. Схемы к расчету промежуточной опоры:

а — определение наибольшего давления; б, в, г — определение площадей смятия; 1 — прогон; 2 — насадка; 3 — шип; 4 — штырь

изгиба (диаметр известен из предыдущего расчета) производится по формуле

$$\frac{B_{\max}}{F_p \varphi} \leq R_c,$$

где F_p — расчетная площадь поперечного сечения сваи;
 φ — коэффициент продольного изгиба;
 R_c — расчетное сопротивление на сжатие вдоль волокон древесины сваи.

Расчетная площадь $F_p = F_{бр}$, если площадь ослабления сваи меньше 25%; если площадь ослабления равна или больше

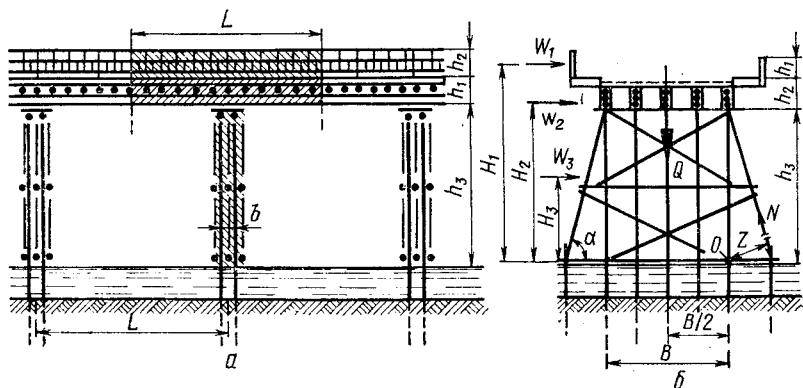


Рис. 80. Схемы к расчету свайной опоры на действие ветровой нагрузки:
 а — вид моста сбоку (фасад); б — ветровые нагрузки, действующие на мост

25%, то $F_p = 4/3 F_{нт}$. Площадь ослабления подсчитывается с учетом всех ослаблений в самом сечении и в пределах 20 см от него.

Коэффициент продольного изгиба зависит от гибкости сжатого элемента:

$$\lambda = \frac{l_0}{r} \quad \text{при} \quad r = \frac{d_{св}}{4},$$

где l_0 — расчетная длина сваи, принимается равной 0,8 ее высоты от поверхности грунта до насадки, если нет стыка; при наличии в свае стыка расчетная длина ее в одно- или двухрядной опоре равна полной длине от стыка до насадки.

Если $\lambda \leq 75$, то $\varphi = 1 - 0,8(\lambda/100)^2$; при $\lambda > 75$ $\varphi = 3100/\lambda^2$. Гибкость сваи должна быть не более 100.

Расчет опор на ветровую нагрузку. Заключается в проверке устойчивости одного пролета моста против опрокидывания и в подборе сечения укосины (если она имеется).

При давлении ветра перпендикулярно боковой поверхности моста на его отдельные части действуют следующие силы (рис. 80, б): на перила $W_1 = p_b L h_1 K_1 n$; на проезжую часть и прогоны $W_2 = p_b L h_2 K_2 n$; на опору $W_3 = p_b b h_3 K_3 n$, где p_b — нормативная ветровая нагрузка; h_1, h_2, h_3 — высота перил, проезжей части с прогонами и надводной части опоры; L — пролет моста, м; b — ширина опоры по фасаду, м; n — коэффициент перегрузки ветровой нагрузки равный 1,5.

Коэффициенты сплошности: для прогонов с проезжей частью и опор $K_2 = K_3 = 1$; для перил 0,3—0,8.

От действия вышеуказанных сил ветрового давления (при отсутствии укосины) опора стремится опрокинуться относительно крайней сваи (точка O), т. е. величина опрокидывающего расчетного момента

$$M_{\text{оп}} = W_1 H_1 + W_2 H_2 + W_3 H_3. \quad (\text{X.48})$$

Опрокидыванию опоры препятствует собственный вес моста относительно той же точки O (рис. 80, б):

$$M_{\text{пр}} = Q \frac{B}{2} n'_{\text{с. в}}, \quad (\text{X.49})$$

где Q — вес одного пролета моста и опоры, т;

B — расстояние между крайними сваями опоры, м;

$n'_{\text{с. в}}$ — коэффициент перегрузки от постоянной нагрузки равный 0,9.

Для устойчивости моста необходимо, чтобы

$$M_{\text{оп}} \leq M_{\text{пр}} m,$$

где m — коэффициент условий работы на опрокидывание равный 0,85.

Если условие устойчивости опоры не соблюдается, то ставят укосины, на которые в этом случае передается полностью горизонтальная ветровая нагрузка с одного пролетного строения моста. Расчетное усилие N в укосине из условия равенства моментов относительно точки O :

$$N = \frac{M_{\text{оп}}}{z} = \frac{\Sigma W H}{z}. \quad (\text{X.50})$$

где z — плечо усилия N относительно точки O .

Прочность укосины проверяют на сжатие с учетом продольного изгиба и проверяют на смятие врубки в местах примыкания концов укосин к сваям.

§ 5. РАСЧЕТ ОДНОПОДКОСНЫХ СИСТЕМ

В мостах одноподкосной системы (рис. 81, а) прогоны длиной l (рис. 81, г) рассчитывают в последовательности, изложенной выше. Изгибающий момент определяется по формуле (X.32).

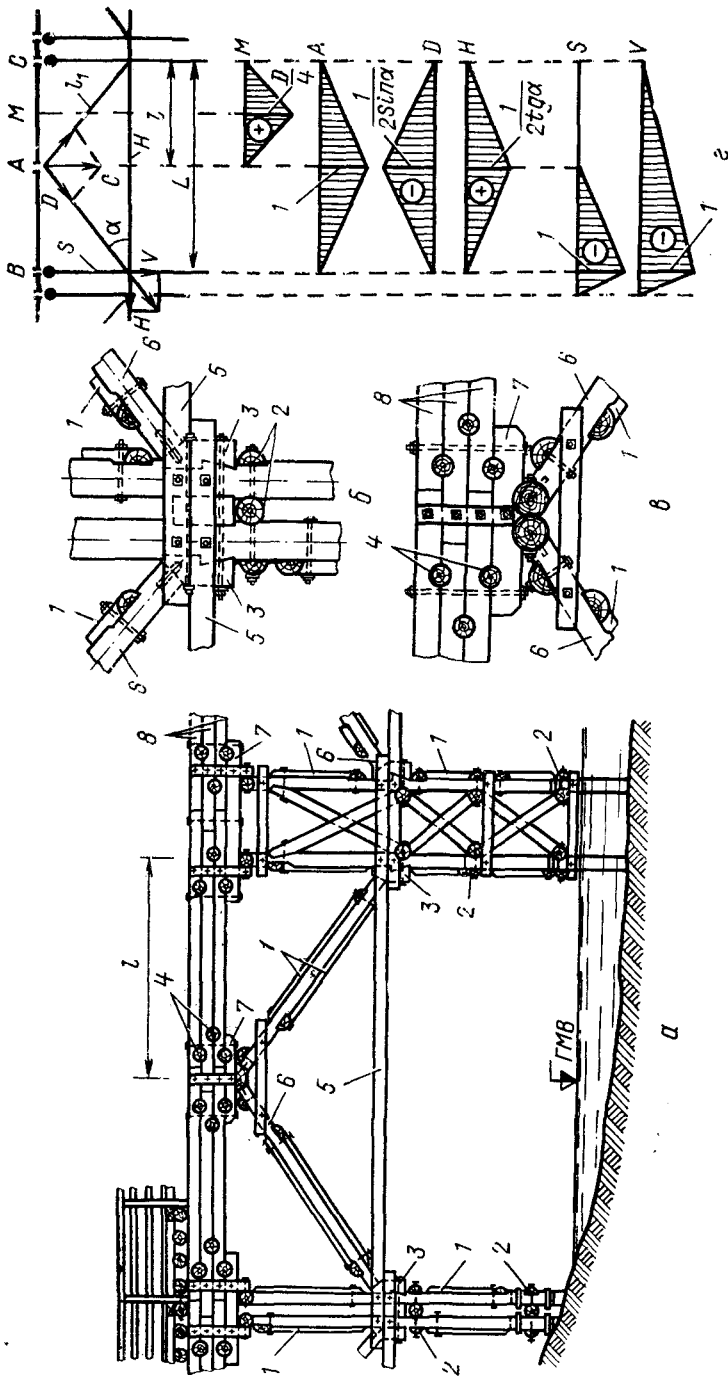


Рис. 81. Общий вид и линии влияния усилий в элементах одноподкосной системы: 1 — диагональная схватка; 2 — горизонтальная схватка; 3 — вертикальная подшка с одним зубом; 4 — анкер; 5 — затяжка; 6 — подкос; 7 — сложный сосредоточенный прогон (пакет); 8 — подбалка; 8 — сложный сосредоточенный прогон (пакет)

Наибольшее давление в верхнем узле определяют из предположения, что прогоны в точках *A*, *B*, *C* (см. рис. 81, *з*) разрезаны. Величина давления на верхний узел в точке $A = q_p \omega_A$, или

$$A = [q_n n_{с. в} + q_{экв} K n_{вр} (1 + \mu)] \omega_A, \quad (X.51)$$

где ω_A — площадь линии влияния; $\omega_A = l$.

Усилия в подкосах *D* и затяжке *H* определяются простым разложением сил:

$$D = \frac{A}{2 \sin \alpha} = \frac{A l_1}{2h}; \quad (X.52)$$

$$H = D \cos \alpha = A \frac{l}{2h}. \quad (X.53)$$

Усилие в верхней части сваи

$$S = q_p \omega_S, \quad (X.54)$$

где q_p — приведено в квадратных скобках формулы (X.51).

Усилие в нижней части сваи складается из усилия *S*, передаваемого от верхней части сваи и вертикальной составляющей усилия в подкосе:

$$V = S + D \sin \alpha = S + \frac{A}{2}. \quad (X.55)$$

Подкосы внизу и вверху упираются в деталь, называемую подушкой (рис. 81, *б*, *в*), которая в месте соприкосания с подкосами проверяется на смятие.

Сечение подкосов подбирается по условию смятия подушки, в которую они упираются:

$$F_{\text{под}} = \frac{D}{R_{см}},$$

где $R_{см}$ — расчетное сопротивление древесины подушки на смятие под углом 90° .

Подкосы закреплены шарнирно и рассчитываются на центральное сжатие (усилие *D*) с учетом продольного изгиба.

Глава XI. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МОСТЫ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Мосты из железобетона обладают рядом достоинств: они более долговечны и требуют меньших эксплуатационных затрат, чем мосты из других материалов; на них значительно меньше расходуется металла по сравнению с металлическими мостами; возведение железобетонных мостов из сборных конструкций позволяет увеличить темпы строительства и ускорить ввод со-

оружения и всей дороги в эксплуатацию, что значительно повышает эффективность капиталовложений. Применение сборных мостовых конструкций особенно эффективно в часто встречающихся однотипных сооружениях с пролетом в свету до 40 м.

Железобетонные мостовые конструкции по своей форме в значительной степени зависят от назначения элемента или детали искусственного сооружения. Общим для сборных железобетонных мостов различного назначения является то, что их выполняют из конструктивных элементов, в число которых входят плиты, балки, стойки, колонны, сваи, рамы, арки и фермы. Из этих элементов и их комбинаций можно создать разнообразные конструкции и статические схемы мостовых сооружений.

§ 2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

Железобетон представляет собой комплексный материал, состоящий из бетона и стали. Бетон хорошо работает на сжатие и плохо на растяжение, поэтому сталь (арматуру) размещают в бетоне так, чтобы она воспринимала растягивающие усилия, а при необходимости и сжимающие.

Совместная работа бетона и арматуры возможна благодаря трем основным факторам:

хорошему сцеплению между бетоном и стальной арматурой, что обеспечивает их совместную работу под нагрузкой;

отсутствию коррозии арматуры в теле железобетонного элемента; близким по величине коэффициентам линейного расширения (для бетона 0,00001—0,000015, для стали 0,000012), что исключает значительные начальные напряжения.

В современных железобетонных мостах применяют два вида армирования. При установке стержней в бетон без придания им каких-либо начальных усилий арматуру называют ненапрягаемой, а железобетон с этой арматурой обычным. При предварительном натяжении арматуры и введении ее в таком состоянии в железобетонную конструкцию бетон при твердении будет обжат усилиями предварительно натянутой арматуры, которая стремится восстановить свое первоначальное состояние. Такую арматуру называют напрягаемой, а железобетон предварительно напряженным.

Для изготовления железобетонных элементов применяют бетон на портландцементе, сульфатостойком портландцементе, глиноземистом цементе и др. Наиболее часто употребляют портландцемент. Качество цемента определяется его маркой или так называемой активностью. Марка цемента — это предел прочности на сжатие кубика из цементного раствора стандартных размеров в возрасте 28 дней. В мостах применяют цементы марок 300—600.

Железобетонные конструкции в мостах работают в тяжелых условиях; бетон для конструкций мостов подбирают в зависимости от требуемых условий прочности, морозостойкости, он должен обладать способностью противостоять вредным действиям химических веществ, находящихся в воде и воздухе, должен быть водостойким и водонепроницаемым.

Проектная марка бетона по прочности на сжатие характеризуется пределом прочности на сжатие стандартных образцов (кубов) размером $20 \times 20 \times 20$ см в возрасте 28 дней. В мостах применяют бетоны марок 150, 200, 250, 300, 450, 500 и 600.

Для больших пролетов мостов и предварительно напряженных свай длиной более 12 м применяют бетон не ниже марки 400. Для всех предварительно напряженных конструкций мостов и свай длиной менее 12 м, в обычных железобетонных сваях длиной более 7 м, в сборных и сборно-монолитных опорах используют бетон не ниже марки 300, в фундаментах и железобетонных сваях длиной до 7 м не ниже 200. Проектная марка бетона по морозостойкости¹ назначается в зависимости от среднемесячной температуры воздуха наиболее холодного месяца в районе строительства в пределах $M_{рз} 200 - M_{рз} 300$.

Конструкции мостов возводят из тяжелого бетона с объемной массой более $1,8 \text{ т/м}^3$, изготовленного с заполнителями (песком, щебнем, гравием) из прочных естественных пород. Допускается применение легкого бетона с заполнителем из керамзита с объемной массой $1,8 \text{ т/м}^3$.

Арматуру в железобетонных мостах применяют следующих видов: горячекатаную круглую сталь; горячекатаную сталь повышенного качества периодического профиля; холоднотянутую высокопрочную проволоку и пряди из нее.

Горячекатаная круглая сталь (стержни) изготавливается из углеродистой мартеновской и кислородно-конверторной стали, она имеет гладкую поверхность.

Горячекатаные стержни периодического профиля имеют поверхность со специальными выступами, увеличивающими их сцепление с бетоном. Применяют арматуру периодического профиля из углеродистой стали класса А—II диаметром от 10 до 40 мм, а также класса А—III из низколегированной мартеновской стали диаметром до 40 мм. Для предварительно напряженного железобетона применяют горячекатаную арматуру периодического профиля класса А—IV марки 20ХГ2Ц диаметром 12—18 мм. Чаще всего в предварительно напряженных конструкциях мостов применяют арматуру из холоднотянутой высокопрочной стальной (в виде пучков) проволоки, класса

¹ Морозостойкость — это способность бетона в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное (например, 300 циклов, обозначаемое $M_{рз}300$) попеременное замораживание и оттаивание без внешних признаков разрушения и значительного уменьшения прочности.

В—II, имеющей гладкую поверхность, диаметр 3—8 мм. Проволока класса В_p—II периодического профиля, диаметр 3—8 мм применяется как в виде пучков, так и отдельными стержнями.

§ 3. ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ МОСТОВ

Системы мостов. В современном мостостроении находят применение четыре основные системы: балочные, рамные, арочные и вантовые.

Балочные разрезные системы (рис. 82, *а*) перекрывают пролеты до 40—42 м в автодорожных мостах и до 30—33 м в железнодорожных; неразрезные (рис. 82, *б*) и консольные (рис. 82, *в*) перекрывают пролеты от 40 до 150 м.

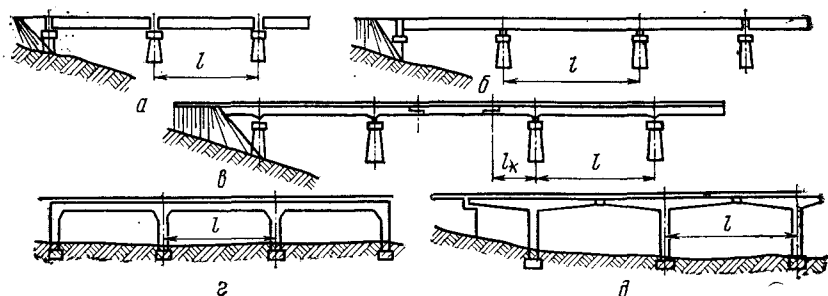


Рис. 82. Основные системы железобетонных мостов:

l — расчетный пролет; l_k — длина консоли

Разрезные балочные мосты с малыми пролетами (12—18 м) имеют наибольшее распространение.

Рамные мосты (рис. 82, *г*) применяют при пролетах 30 ÷ ÷ 60 м. Разновидностью рамной системы является конструкция из Т-образных рам, шарнирно соединенных между собой (рис. 82, *д*) и перекрывающих пролеты от 60 до 100 м.

Из вышеуказанных четырех основных систем наиболее распространенный вид мостов — железобетонные балочные мосты. По общей протяженности они составляют 70—75% автодорожных железобетонных мостов, они рекомендованы также к применению на магистральных лесовозных дорогах. Это объясняется простотой конструкции и ясностью их статической схемы.

Классификация балочных железобетонных мостов по статической схеме: разрезные (рис. 82, *а*), неразрезные (рис. 82, *б*) и консольные (рис. 82, *в*):

по расположению уровня проезда: с ездой поверху (рис. 83, *а—е*) и понизу (рис. 83, *ж, з*);

по типу несущей конструкции пролетного строения: плитные (рис. 83, а), ребристые (рис. 83, б, в, г), коробчатые (рис. 83, д, е) и сквозные (рис. 83, з, и);

по способу армирования: с обычной (ненапрягаемой) арматурой и предварительно напряженной;

по способу производства работ: монолитные, сборно-монолитные и сборные.

§ 4. КОНСТРУКЦИИ БАЛОЧНЫХ МОСТОВ

Наибольшее распространение на автомобильных лесовозных дорогах получили балочные разрезные мосты с ездой поверху с плитными (рис. 83, а) и ребристыми пролетными строениями (рис. 83, б, в, г).

Высоту плитных пролетных строений принимают $1/12$ — $1/15$ пролета с ненапрягаемой арматурой и $1/18$ — $1/25$ пролета с напрягаемой. Пролетное строение плитного моста в поперечном направлении состоит из отдельных блоков (шириной 0,5—1,5 м) сплошного сечения или чаще всего с пустотами (для облегчения конструкции). Так, по проекту Укрдортранснии блоки сплошного сечения применяют пролетом 3, 4, 5 и 6 м, толщиной соответственно 16, 20, 24 и 29 см, шириной 1 м. Вес блоков от 14 до 46 кН, что позволяет доставлять их к месту строительства автомобильным транспортом.

В пустотелых блоках пролетом 6—10 м отверстия делают цилиндрические (рис. 84, а), при пролетах 12, 15 и 18 м — овальные (рис. 84, в). В крайних плитах пролетных строений предусматривают закладные детали для крепления тротуарных элементов.

К плитным мостам можно отнести также элементы двутаврового сечения из предварительно напряженных балок (рис. 84, г), когда их верхние и нижние полки, примыкая друг к другу, образуют сплошные плиты поперек моста.

Для создания поперечной жесткости моста в плоскости пролетного строения сборные плитные блоки объединяют омоноличиванием продольных швов между ними (рис. 84, в) или натяжением поперечной арматуры в диафрагмах (рис. 84, г). Трапецеидальные швы, вытянутые по вертикали и образующие полость продолговатой шпонки, заполняют бетоном марки 400.

При использовании сборно-монолитных плитных пролетных строений (рис. 84, б) сверху сборных предварительно напряженных элементов, называемых струно-досками (армоэлементами), укладывают слой бетонной смеси, объединяющий конструкцию в одно целое. Типовые конструкции струно-досок разработаны для пролетов от 2 до 10 м. Объем сборных струно-досок составляет 20—40% объема всей конструкции. Сборно-монолитные конструкции из струно-досок достаточно экономичны, для их возведения не требуется кра-

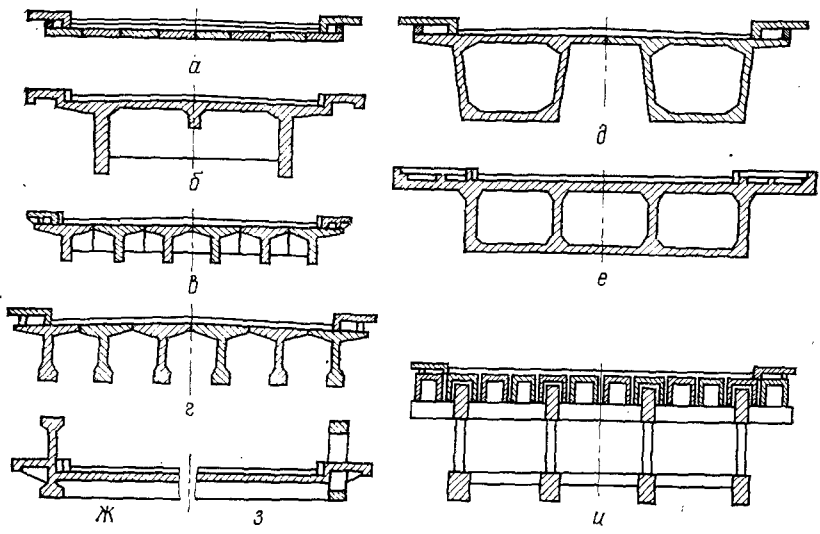


Рис. 83. Схемы поперечных сечений пролетных строений балочных мостов

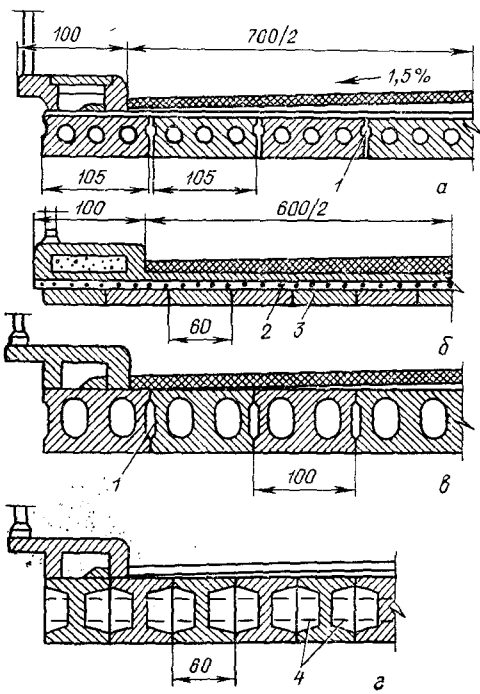


Рис. 84. Поперечные сечения пролетных строений плитных мостов:

1 — пазухи для омоноличивания сборных блоков; 2 — арматурная сетка; 3 — струно-доски; 4 — поперечная напрягаемая арматура в диафрагмах

нов большой грузоподъемности, однако укладка монолитного бетона усложняет строительный процесс и удлиняет сроки ввода сооружения в эксплуатацию.

Плитные пролетные строения имеют сравнительно большую площадь растянутой зоны сечения, что вызывает перерасход

бетона. Поэтому для пролетов более 12 м применяют ребристые конструкции.

Ребристые пролетные строения более эффективно позволяют использовать бетон. Сжатая зона балок (ребер) развита за счет плиты проезжей части, а площадь бетона, находящегося в растянутой зоне, значительно уменьшена. Арматура

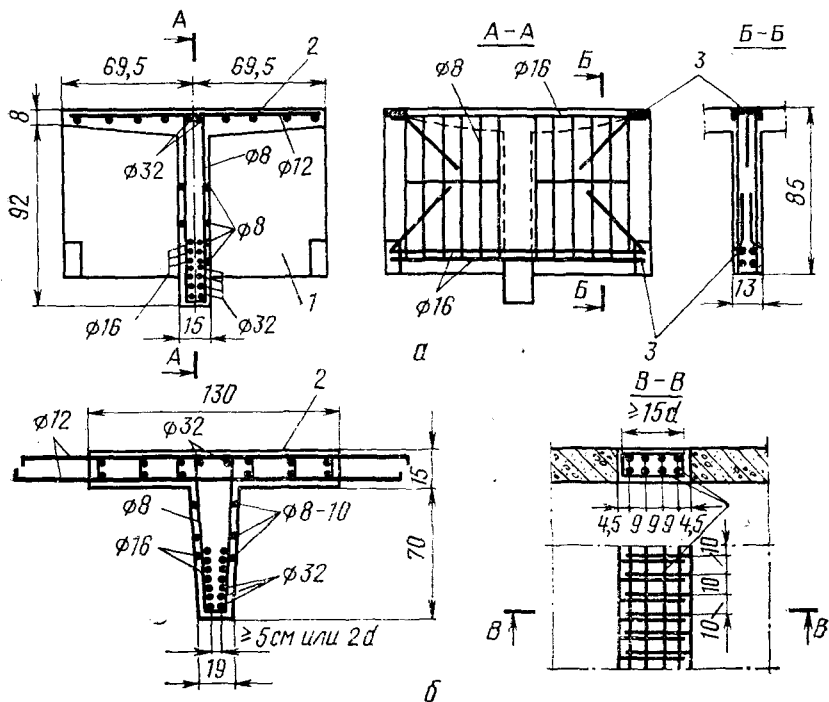


Рис. 85. Конструкция сборных ребристых балок с плоскими сварными каркасами:

1 — диафрагма; 2 — плита; 3 — планка

(рабочая), работающая на растяжение, располагается в ребрах. Таким образом, чем меньше бетона в ребрах, тем экономичнее конструкция. Однако из условий бетонирования толщина ребер принимается не менее 15—16 см.

По форме поперечного сечения ребристые пролетные строения бывают П-образные, тавровые и двутавровые, иногда V-образные. Расстояние между ребрами поперек моста зависит от величины пролета, марки применяемого бетона, способа армирования и требуемой строительной высоты. Так, при пролете до 15 м с ненапрягаемой арматурой ребра делают гладкими постоянной ширины, а в предварительно напряженных балках

для размещения напрягаемой арматуры ребра уширяют в нижней части.

В конструкциях, где требуется меньшая высота, увеличивают число ребер в поперечном сечении моста. Для обеспечения поперечной жесткости пролетного строения и совместной работы продольных ребер поперек моста располагают поперечные балки или диафрагмы, отличающиеся от поперечных балок большей высотой при незначительной толщине.

В монолитных разрезных пролетных строениях расстояние между главными балками равно 2—3 м, при увеличении его до 4—6 м между главными балками устраивают вспомогательные. Число и размеры главных и поперечных балок определяются наименьшим расходом железобетона. В мостах с шириной проезжей части до 8 м делают две главные балки.

В сборных железобетонных мостах плита проезжей части составляет одно целое с балками и работает по-разному в зависимости от их конструкции.

В тавровых балках с диафрагмами (рис. 85, *а*) плиту не стыкуют с плитой соседних балок, она работает как консоль, защемленная в ребре, и ее армируют только в растянутой верхней зоне. Толщина консоли на конце должна быть не менее 8 см. Если же тавровые балки не имеют диафрагм (рис. 85, *б*), то плиту в обязательном порядке стыкуют с соседними для создания пространственной жесткости пролетного строения в поперечном направлении моста.

В стыке между плитами соседних балок (рис. 85, сечение *В—В*) рабочую арматуру от рядом расположенных балок заводят внахлестку на длину не менее 16 ее диаметров, а для лучшей связи ставят конструктивную дополнительную арматуру и хомуты.

Рабочую арматуру плиты всегда располагают поперек главных балок пролетного строения. Исключение составляют плиты, опертые по всему контуру, т. е. передающие свои давления как главным, так и поперечным (диафрагмам) балкам. Плита считается опертой по контуру, когда расстояние между соседними диафрагмами меньше двойного расстояния между соседними главными балками. В этом случае рабочую арматуру плиты (в верхней и нижней зонах) устанавливают в двух направлениях: вдоль и поперек главных балок.

В сборных ребристых балках с ненапрягаемой арматурой наиболее часто для армирования применяют многорядные сварные каркасы.

Конструкция предварительно напряженных ребристых пролетных строений определяется способом натяжения арматуры: напрягаемую до бетонирования (на упоры) и напрягаемую после бетонирования (на бетон). Конструкция балок с арматурой, напрягаемой до бетонирования, зависит от длины балок и типа станда, на котором напрягают арматуру.

При пролетах до 15—18 м напрягаемую арматуру в нижней растянутой зоне располагают прямолинейно по всей длине балки. В балках большого пролета напрягаемой арматуре в приопорных (в $\frac{1}{4}$ пролета балки) участках придают криволинейное (полигональное) очертание.

Для разрезных пролетных строений применяют два основных вида конструкций: из целых по длине (цельнопролетных) и коротких ненапряженных блоков, которые на месте строительства объединяют в целые балки с помощью предварительно напрягаемой арматуры.

Арматуру, напрягаемую после бетонирования, располагают как в открытых, так и в закрытых каналах.

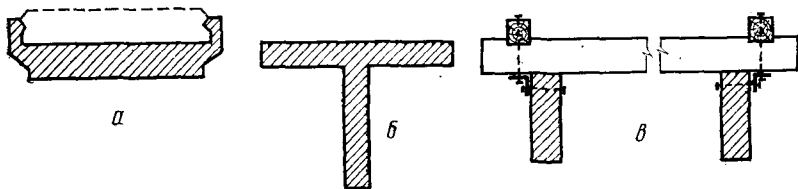


Рис. 86. Поперечные сечения балочных пролетных строений под железную дорогу узкой колеи:

а — корытообразная плита; *б* — двутавровая балка; *в* — прямоугольная балка

Наибольшее распространение имеют пролетные строения, образованные из коротких составных по длине блоков.

Для получения предварительно напряженной балки (пролетом 15—40 м) отдельные блоки укладывают в проектной последовательности (укрупнительная сборка) у строящегося сооружения, бетонируют швы или склеивают блоки по швам. После этого пропускают в каналы напрягаемую арматуру и создают ее предварительное натяжение домкратами.

По концам балок располагают анкеры, имеющие стальную обойму с коническими отверстиями. В эти отверстия запрессовывают конус из закаленной стали, имеющий рифленую поверхность. Силы трения удерживают натянутые проволоки пучка, защемленные между конусом и обоймой.

Сборные балки объединяют в пролетное строение стыкованием по диафрагмам, либо омоноличиванием верхних полок, как и в обычных балках. Иногда для объединения применяют предварительно напрягаемую арматуру, располагая ее поперек пролета моста в плите проезжей части или в диафрагмах.

Пролетные строения под УЖД. При строительстве железобетонных мостов под УЖД применяют разрезные балочные системы: плитное пролетное строение с балластным корытом (рис. 86, *а*), балки прямоугольного (рис. 86, *в*) и таврового сечений (рис. 86, *б*).

Плитное пролетное строение обеспечивает лишь размещение железнодорожного полотна без служебных тротуаров, что допускается при небольшой длине и высоте моста.

При устройстве тротуаров можно удлинить консоли плиты или применить приставные консоли (из металла или железобетона) с перильными стойками, имеющими горизонтальные площадки для укладки тротуарного настила.

Плитные пролетные строения имеют сравнительно большую площадь растянутой нижней зоны сечения, что вызывает перерасход бетона. Поэтому для перекрытия пролетов более 5—6 м лучше применять балочные конструкции. Балкой прямоугольного сечения перекрывают пролет 6—10 м, балкой таврового сечения — пролеты от 10 до 18 м.

Армирование балок при небольших пролетах производится обычной арматурой, при больших пролетах — предварительно напряженной. Деревянные шпалы, укладываемые на балки, крепят болтами, закладными уголками или болтами, пропускаемыми в отверстия в полках тавровой балки. Перила и тротуары устраивают в ходе монтажа пролетных строений.

§ 5. ПРОЕЗЖАЯ ЧАСТЬ, ТРОТУАРЫ И ПЕРИЛА

Проезжая часть под автомобильную дорогу состоит из железобетонной плиты и покрытия. Плита входит в состав основных несущих конструкций пролетного строения (как отдельная конструкция в плитных пролетных строениях или соединенные между собой смежные свесы полков таврового сечения балок в ребристых пролетных строениях). Покрытие на мостах, как правило, устраивают таким же, как на дороге.

Поверхность плиты проезжей части покрывают слоем цементного раствора. Если плита имеет поперечный уклон (в обе стороны моста), то цементный слой должен иметь постоянную толщину 2—3 см. Если уклона нет, то выравнивающий слой укладывают из мелкозернистого бетона марки 150—200, увеличивая толщину к оси проезжей части до 5—8 см, т. е. выкладывают так называемый сточный треугольник.

Поверх выравнивающего слоя устраивают оклеечную гидроизоляцию (рис. 87, в) из рулонных материалов, гидроизола и др. В районах с большими атмосферными осадками для больших мостов рекомендуется для изоляции применять материалы повышенного качества: стеклоткань, металлоизол и др. Между слоями изоляции для армирования покрытия укладывают стальную сетку (рис. 87, г).

В районах с небольшим количеством атмосферных осадков вместо оклеечной можно применять более простую и дешевую обмазочную гидроизоляцию, которая образует на поверхности бетона устойчивую водонепроницаемую пленку. Хорошие результаты дает применение раствора перхлорвиниловой смолы,

которая после испарения растворителя образует водонепроницаемую и плотно прилипающую к бетону пленку.

Для защиты оклеечной гидроизоляции от повреждений при устройстве и ремонте покрытия устраивают слой из мелкозернистого бетона М-200 толщиной 3—4 см. Для обеспечения прочности защитный слой армируют сварными сетками из проволоки

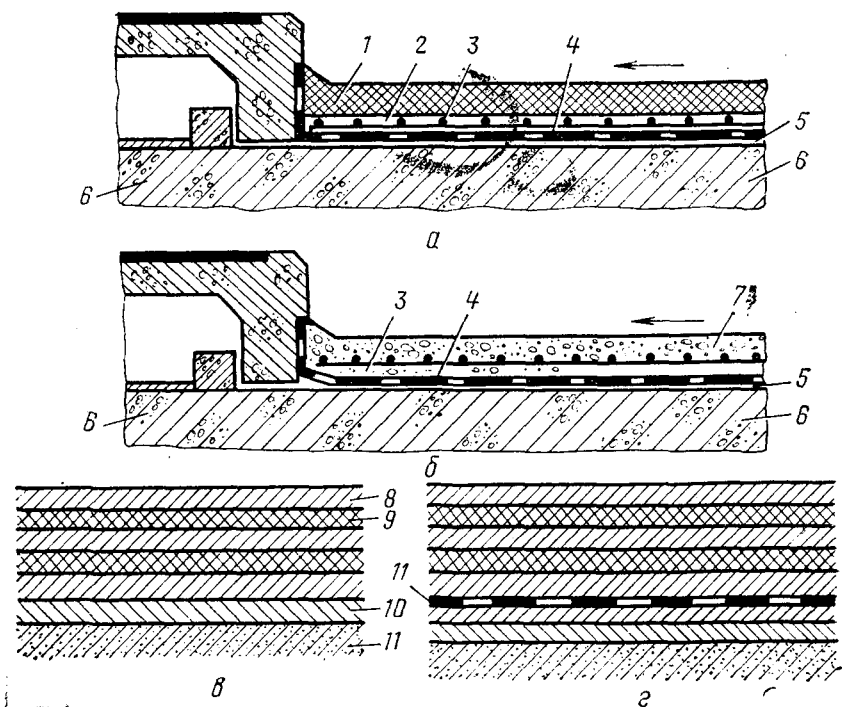


Рис. 87. Конструкция проезжей части и гидроизоляции:

1 — асфальтобетон; 2 — защитный слой; 3 — арматурные сетки; 4 — оклеечная гидроизоляция; 5 — выравнивающий слой; 6 — железобетонная плита; 7 — цементобетон; 8 — мастика 2 мм; 9 — гидроизоляция; 10 — грунтовый слой; 11 — смазка

диаметром 2—3 мм, с размерами ячеек 5×5 и 10×10 см. Особенно тщательно армирование надо производить над швами в сборных конструкциях.

Асфальтобетонное покрытие (рис. 87, а) на мостах устраивают однослойным (5—7 см) или двухслойным (нижний 4—5 см, верхний 2—2,5 см). Цементобетонное покрытие (рис. 87, б) выполняют однослойным, толщиной 6—8 см. В сборных мостах покрытия армируют стальной сеткой. Для увеличения срока службы поверх цементобетонного покрытия целесообразно уложить слой асфальтобетона толщиной 1,5—2 см.

Верхнее строение под УЖД. Проезжая часть состоит из плиты, входящей в состав основных несущих конструкций пролетного строения, затем располагаются изоляции, балласт и рельсовые звенья по шпалам.

Конструкция изоляционного слоя примерно такая же, как и автодорожных мостов (те же изоляционные материалы). К изоляции проезжей части относятся бетонный слой из цементного раствора состава 1:2 (1:3) толщиной 2—4 см, гидроизол на битумной мастике, защитный слой из цементного раствора толщиной 2—3 см, в толще которого на расстоянии 1 см от гидроизоляционного слоя укладывается металлическая сетка.

При устройстве балластного корыта вода с поверхности изоляции отводится с помощью уклона (не менее 30‰), устраиваемого в продольном и поперечном направлениях. Толщина балластного слоя под шпалами принимается не менее 20 см от нижней постели шпалы до верха защитного слоя над изоляцией.

При устройстве пролетного строения под УЖД из балок прямоугольного или таврового сечения по ним укладывают рельсы по шпалам. Шпалы (мостовой брус) крепят к балкам болтами и уголками (рис. 86, в). Вдоль балок укладывают противоугольный брус, прикрепляемый к шпалам болтами.

Тротуары устраивают так же, как в автодорожных мостах. Тротуары сборных железобетонных пролетных строений под автомобильные дороги всегда выполняют из готовых блоков. Тротуарные блоки прикрепляются в горизонтальной плоскости арматурными выпусками в толще выравнивающего слоя при наличии гидроизоляции или в толще цементобетонного покрытия, если оно заменяет оклеечную гидроизоляцию.

По своему расположению по отношению к проезжей части они могут быть повышенные и пониженные. У повышенных плоскость прохода располагается выше проезжей части, у пониженных — примерно в уровне проезжей части, отделяясь от нее высоким барьером.

Перила на мостах предназначены для безопасности пешеходов и служат одновременно архитектурным оформлением сооружения. Их выполняют из железобетонных элементов или стального проката, соединенного сваркой в решетку.

Перила из железобетона состоят из перильных стоек, верхней и нижней обвязок, имеющих пазы, в которые вставляют элементы сквозных решеток, или из сплошных узорчатых плит. Стойки крепят при помощи различных металлических стержней: отрезков газовых труб или пакета арматурных стержней. Наиболее простой конструкцией являются перила из однотипных решетчатых блоков. Блоки приваривают к тротуарам с помощью закладных деталей, а между собой обетонированием стыка верхней обвязки. Во всех местах, где между смежными пролетными строениями имеются швы, необходимо устройство разрывов или подвижного сопряжения перил.

§ 6. ВОДООТВОД, ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ, СОПРЯЖЕНИЕ МОСТА С НАСЫПЬЮ

Для предохранения конструкций моста от попеременного увлажнения и последующего высыхания, а также увлажнения с последующим замерзанием в порах бетонных конструкций, помимо гидроизоляции, устраивают водоотвод с поверхности покрытия.

В железобетонных мостах водоотвод обеспечивают с помощью продольных и поперечных уклонов. Продольные уклоны

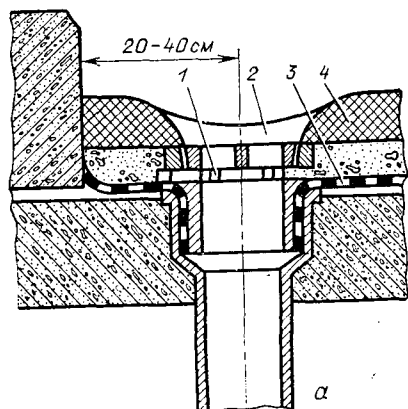
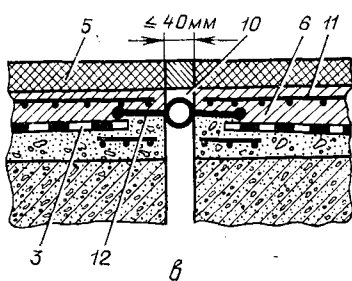
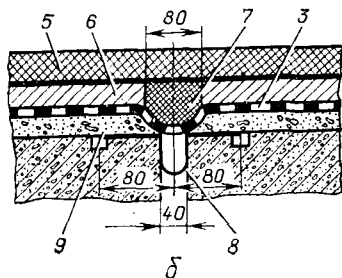


Рис. 88. Конструкции водоотводной трубы и деформационных швов:

a — деталь расположения трубы; *б, в* — деформационные швы; 1 — прорези для пропуска воды; 2 — лоток; 3 — изоляция; 4 — покрытие; 5 — асфальтобетон; 6 — защитный слой; 7 — битумная мастика; 8 — лоток-компенсатор из листового латуни или оцинкованного железа; 9 — деревянная пробка; 10 — асбестовое волокно (фильтр); 11 — арматурные сетки; 12 — трехкулачковый резиновый компенсатор



назначают по условиям проектирования продольного профиля дороги, не допуская больших уклонов. В поперечном сечении проезжей части уклоны делают от оси к тротуарам.

Лучше всего мосты располагать на небольшом одностороннем продольном уклоне. Если же на мосту сопрягается два продольных уклона, то водоотвод с пологих участков обеспечивают поперечными уклонами проезжей части. Сброс воды с проезжей части производится через водоотводные трубы под мостом.

Для быстрого отвода воды необходимо, чтобы на 1 м^2 площади стока приходилось не менее 1 см^2 площади отверстия труб, которые располагаются по длине моста при соблюдении

следующих расстояний. В малых мостах с продольным уклоном до $10^{\circ}/_{00}$ трубы располагают через 6—8 м, в мостах длиной до 50 м с продольным уклоном до $20^{\circ}/_{00}$ и длиной более 50 м с уклоном более $20^{\circ}/_{00}$ — на расстоянии 12—15 м. В мостах длиной до 50 м с продольным уклоном более $20^{\circ}/_{00}$ разрешается водоотводные трубы не ставить при обеспечении сброса воды с проезжей части по концам моста. Водоотводные трубы располагают или в пределах проезжей части на расстоянии 20—40 см от бордюра (рис. 88, а) или под тротуарами. При этом в ребре тротуарного блока делают прорезы и устраивают водоприемный лоток. Для предохранения элементов конструкций моста от намокания концы трубок должны выступать по отношению к ним на 10 см. Минимально допустимый диаметр трубок 15 см.

От воздействия временной нагрузки и колебаний температуры в опорных частях сборных пролетных строений возникают перемещения. Для того чтобы обеспечить свободное перемещение пролетных строений, проезжую часть необходимо разделять поперечными швами, которые называют деформационными. В сборных разрезных пролетных строениях швы устраивают над всеми промежуточными опорами, а на береговых опорах швами отделяют пролетные строения от шкафной стенки. При расположении на опорах двух неподвижных опорных частей величина зазора шва изменяется мало, так как в этом случае происходит только поворот пролетных строений. При этом устраивают упрощенную конструкцию шва. Например, шов перекрывают компенсатором в виде изогнутого листа из меди, латуни, алюминия или оцинкованной стали. Концы листа — компенсатора заводят в борозды в выравнивающем слое бетона. Гидроизоляцию укладывают в складку листа компенсатора, предварительно промазанную слоем разжиженного битума. Защитный слой над изоляцией и покрытие в шве прерывают, заполняя разрыв битумной мастикой, присыпанной сверху слоем крупного песка толщиной 1 см.

При расположении на опоре хотя бы одной подвижной части к угловым деформациям добавляются линейные от температурных изменений. Цементобетонное покрытие прерывают над всеми швами, асфальтобетонное при перемещении больше 1 см.

При пролетах не более 15—20 м применяют закрытые швы. В закрытом шве старого типа (рис. 88, б) гидроизоляционный коврик укладывают со складкой; защитный бетонный слой прерывают, а шов заполняют битумной мастикой. В закрытых швах нового типа применяют резиновые трехкулачковые компенсаторы (рис. 88, в).

Для обеспечения плавного движения транспорта и увеличения скорости перед мостом предусматривается с о п р я ж е н и е м о с т а с н а с ы п ь ю.

В автодорожных мостах это достигается устройством отмо-сток, подушек из песчано-гравийных и щебеночных материалов

или укладкой переходных плит. В зависимости от материала покрытия подходов применяют три типа переходных плит: при цементобетонном покрытии — поверхностные (рис. 89, а), при асфальтобетонном и гравийном, укрепленном битумом — полу-

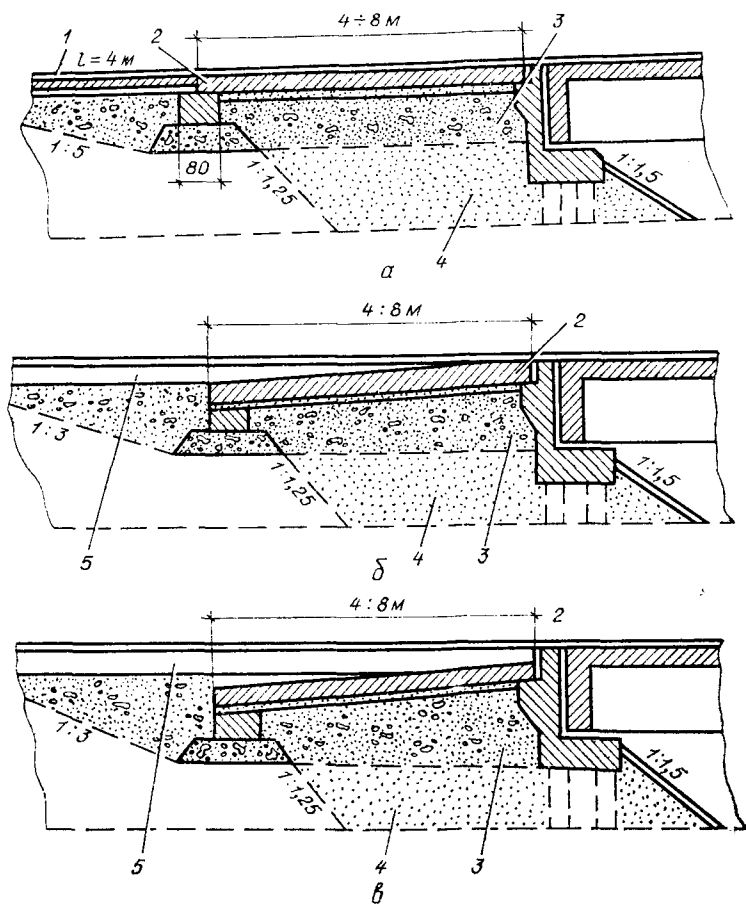


Рис. 89. Конструкции сопряжения железобетонных мостов с насыпью: а — при цементобетонном покрытии; б и в — при асфальтобетонном покрытии; 1 — промежуточная плита; 2 — переходная плита; 3 — средне- и крупнозернистый песок; 4 — дренарующий грунт; 5 — дорожная одежда

заглубленные и заглубленные (рис. 89, б, в). Глубину укладки от поверхности покрытия до верха переходной плиты у опирания ее на мостовые конструкции и на конце плиты принимают: для полузаглубленных 12 и 45 см, для заглубленных 30 и 70 см. Длину переходных железобетонных плит [56] принимают в зависимости от высоты насыпи и грунтов основания.

Путь на подходах к постоянным мостам УЖД независимо от вида балласта, укладываемого на остальных участках линии, должен выполняться на щебеночном или гравийном балласте на длину в каждую сторону не менее 30 м при длине моста до 25 м, не менее 50 м при длине моста от 25 до 50 м, не менее 100 м при длине моста от 50 до 100 м и не менее 200 м при длине моста более 100 м.

§ 7. ОПОРНЫЕ ЧАСТИ И ОПОРЫ БАЛОЧНЫХ МОСТОВ

Балочные пролетные строения из железобетона опирают на береговые и промежуточные опоры при помощи опорных частей, служащих для передачи усилий с пролетных строений на опоры.

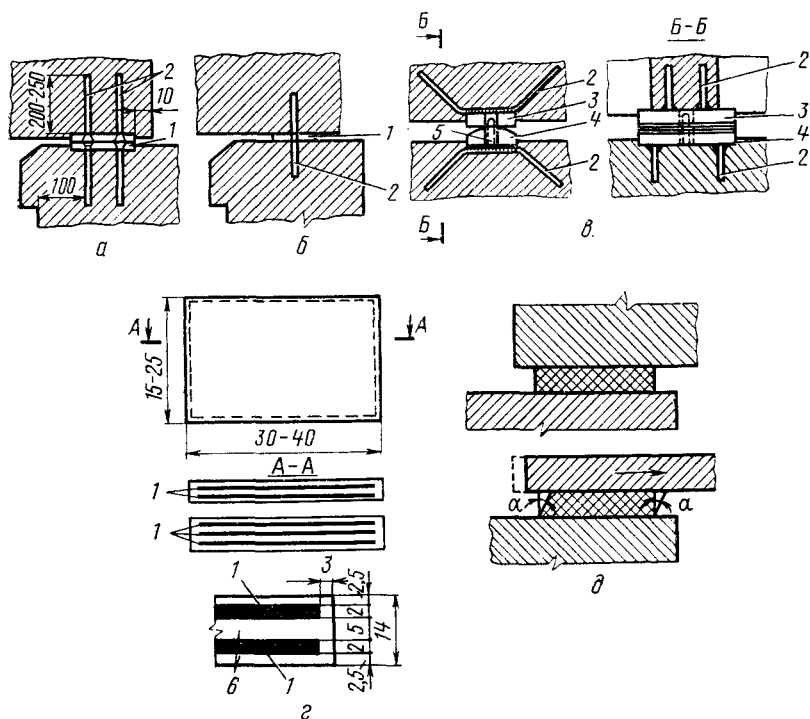


Рис. 90. Опорные части балочных железобетонных мостов:

1 — стальные листы; 2 — арматурные стержни; 3 — плоская стальная подушка; 4 — гальная подушка с цилиндрической поверхностью; 5 — потайной штырь; 6 — резина

Плитные и ребристые строения с пролетами до 10—12 м целесообразнее укладывать на опорные части из металлических листов (рис. 90, а, б). На неподвижной опоре укладывают один стальной лист толщиной 10—12 мм, через который про-

ходит штырь, соединяющий пролетное строение с опорой. Подвижную опорную часть выполняют из двух листов, скользящих друг по другу. К листам приваривают арматурные стержни, закрепленные в бетоне балки и опоры.

При пролетах 12—18 м применяют тангенциальные опорные части (рис. 90, в) из двух стальных подушек: верхняя имеет плоскую поверхность, нижняя — цилиндрическую, которая обеспечивает свободный поворот конструкции. В неподвижной опоре имеется потайной штырь, а в подвижной штыря нет, за счет чего происходит скольжение верхней подушки по нижней.

В последние годы в практике мостостроения все более широкое применение находят опорные части, в которых используются полимеры — резина и фторопласт (рис. 90, д). Опорные резиновые части (рис. 90, г) состоят из чередующихся по высоте листов резины и стали, объединяемых в процессе вулканизации. Такие опорные части дешевы, требуют мало металла, легко устанавливаются и заменяются и обеспечивают необходимую подвижность пролетного строения.

Опоры балочных железобетонных мостов могут быть массивными или облегченными. Для массивных опор (бетонных, бутобетонных, каменных), которые сейчас применяются редко, характерно назначение размеров с большими запасами, т. е. с малым использованием прочности на сжатие применяемых материалов. Массивные опоры бывают сплошные и столбчатые. Ширина сплошных опор меньше, равна или больше ширины пролетного строения. При меньшей ширине опоры в ее верхней части предусматривают двухконсольные ригели. Такие опоры условно называют массивными облегченными.

В настоящее время широко применяют железобетонные опоры, позволяющие значительно уменьшать размеры опор и снижать расход материалов.

По способу постройки опоры бывают монолитные, сооружаемые на месте, сборные, монтируемые из отдельных заранее изготовленных элементов, и сборно-монолитные, представляющие собой сочетание сборных элементов с монолитной кладкой. Наибольшее распространение получили сборные железобетонные конструкции опор.

Железобетонные промежуточные опоры балочных мостов могут быть устроены из свай, полых столбов, массивных или пустотелых сборных блоков.

Опоры из железобетонных свай (свайные опоры) забивают на глубину не менее 4 м, сверху сваи объединяют насадкой (рис. 91, в). Насадку или бетонируют на месте, или заранее изготовленную устанавливают на головы свай, которые входят в отверстия, имеющиеся в насадке, затем заполняются цементным раствором или бетоном на мелком щебне. При высоте опор 4—5 м сваи делают однорядными, при большей высоте — двухрядными.

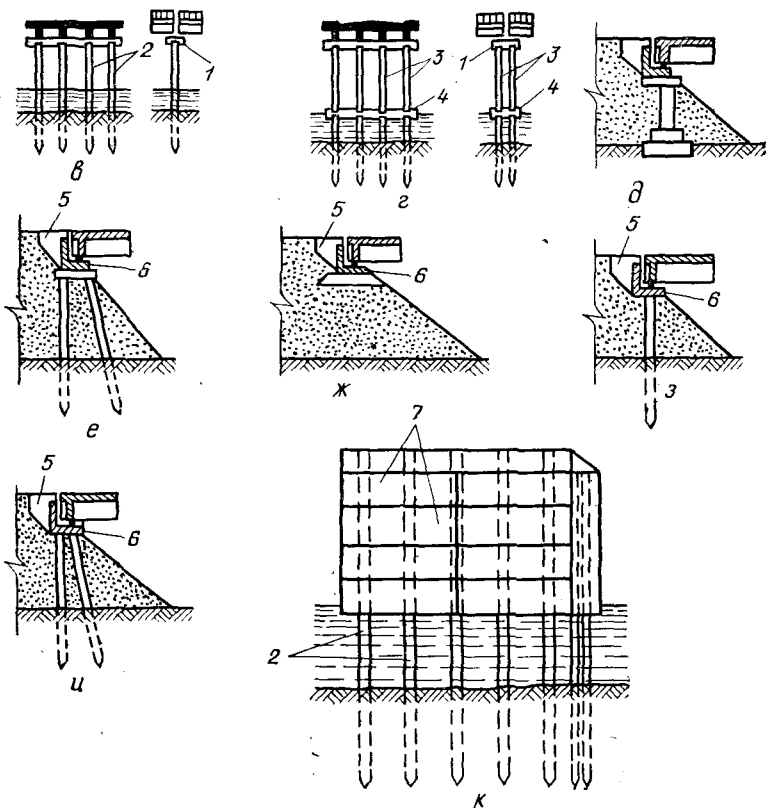
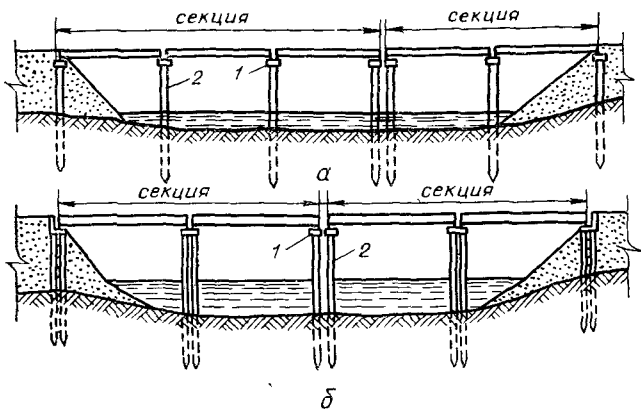


Рис. 91. Виды свайных промежуточных и береговых железобетонных опор:
 1 — насадки; 2 — сваи; 3 — стойки; 4 — нижняя насадка; 5 — крыло; 6 — насадка со
 шкафной стенкой; 7 — железобетонные плиты

При наличии сверху грунта перекрываемого водотока слоя слабого грунта (торфа, ила) сваи приходится забивать на большую глубину. В этом случае применяют стоечные опоры, при устройстве которых на уровне верха грунта или горизонта межженных вод сваи наращивают (рис. 91, г). Первую (нижнюю) насадку устанавливают или бетонируют на уровне, где оканчиваются забитые в грунт сваи. Верхнюю часть опор образуют из стоек, входящих нижними концами в нижнюю насадку, и связывают верхней насадкой. На верхнюю насадку опирают пролетные строения моста.

Под воздействием на мост продольных горизонтальных сил от торможения и температурных деформаций на опоры от пролетных строений передаются изгибающие моменты. В многопролетном мосту распределение возникающих горизонтальных усилий между свайными опорами можно значительно уменьшить, разделив мост на секции (рис. 91, а, б) с максимальной длиной 50—60 м. На стыках секций ставят спаренные опоры, состоящие из двух самостоятельно работающих опор.

Двухрядные опоры обладают значительно большей жесткостью по сравнению с однорядными, поэтому они воспринимают значительную долю продольных сил. В этом случае в пределах каждой секции продольные горизонтальные усилия, передающиеся отдельным опорам, могут быть определены достаточно точно.

Свайные одно- и двухрядные опоры применяются без защиты на суходолах и водотоках со слабым ледоходом, при толщине льда не более 15 см. При толщине льда 20—40 см свайные опоры необходимо защищать от повреждения. При скорости течения не выше 1—1,2 м/с и однорядных опорах с верховой стороны забивают ледорезную сваю, усиленную стальным уголком. При толщине льда до 1 м свайные опоры можно применять с более мощной защитой, объединив железобетонные плиты (рис. 91, к) со сваями бетоном, укладываемым на месте. При косоструйном течении во время ледохода или при ледяных заторах и толщине льда больше 1 м свайные опоры неприменимы.

Береговые опоры — устои предназначены как для поддержания крайнего пролетного строения, так и для поддержания насыпи. На устои идет большое количество материалов, поэтому их конструкция должна быть простой и экономичной.

Наиболее распространенными являются устои, у которых концы пролетных строений оставляют открытыми (рис. 91, д, е, ж). Для этого устраивают насадку, имеющую шкафную стенку и крылья, поддерживающие грунт насыпи. Собранная из отдельных блоков насадка может быть оперта на оголовки, поддерживаемый трубчатыми стойками (рис. 91, д), обычными железобетонными сваями прямоугольного сечения (рис. 91, е). Высота таких устоев может быть до 3—6 м при пролетах ба-

лок до 40 м. При насыпи из хорошо уплотненных грунтов устой опирают на естественное основание (рис. 91, ж). Опоры с монолитными насадками при небольшой высоте насыпи (до 2 м) и пролетах балок не свыше 20 м могут иметь один ряд свай (рис. 91, з). При большой высоте и пролетах необходимы два ряда (рис. 91, и) свай (свайный козловой устой).

§ 8. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ

Металл — наиболее совершенный материал, применяемый для современных строительных конструкций. Благодаря высокой прочности строительных сталей металлическими мостами можно перекрывать пролеты, превышающие 1 км.

Мосты из металла могут быть различных систем. На лесовозных дорогах применяют балочные мосты из прокатных и сварных сплошных двутавровых балок. Элементы пролетных строений изготавливают из прокатной стали, содержащей от 0,1 до 0,25% углерода. При таком количестве углерода сталь хорошо поддается механической обработке, обладает вязкостью, пластичностью и способностью свариваться. Для несущих конструкций мостов применяют сталь марки Ст. 3 (мостовая), низколегированную сталь 10Г2С1Д, 15ХСНД, монтажные соединения выполняются на болтах нормальной точности из низколегированной мартеповской стали 09Г2. Для изготовления элементов стальных пролетных строений в основном служит прокатная сталь. В СССР для унификации применяемых профилей имеется стандартный сортамент прокатного металла.

Листовая сталь служит основным видом металла для изготовления мостовых конструкций. Она может быть толстолистовой и универсальной (широкополосной).

Угловая сталь бывает с полками одинаковой (равнобокий уголок) или разной (неравнобокий уголок) ширины. Двутавровые балки бывают обыкновенными с высокой стенкой и неширокими полками и широкополочными двутавровыми, имеющими значительно большую поперечную жесткость.

Для опорных частей и шарниров пролетных строений применяют стальное литье. В сварных конструкциях мостов необходимо, чтобы механические свойства сварных швов были не хуже, чем основного металла. Для этого применяют электроды, соответствующие виду свариваемой стали, а также флюсы, обеспечивающие нормальный процесс сварки.

Проезжая часть металлических пролетных строений на автомобильных лесовозных дорогах может быть выполнена в двух вариантах: двойной дощатый настил по поперечинам из бревен; сплошной накат из бревен (или пластин) с черным гравийным покрытием, обработанным битумом.

Первый тип проезжей части (рис. 92, а) состоит из отдельных бревенчатых поперечин диаметром от 19 до 22 см с рас-

стоянием между ними по осям в 0,5—0,6 м. Поперечины укладывают на верхним поясам главных металлических балок и несут на себе двойной дощатый настил: нижний — рабочий толщиной 8—10 см; верхний — защитный толщиной 5 см. Стыкование досок настила производится вразбежку с таким расчетом, чтобы в одном сечении стыки в нижнем настиле располагались

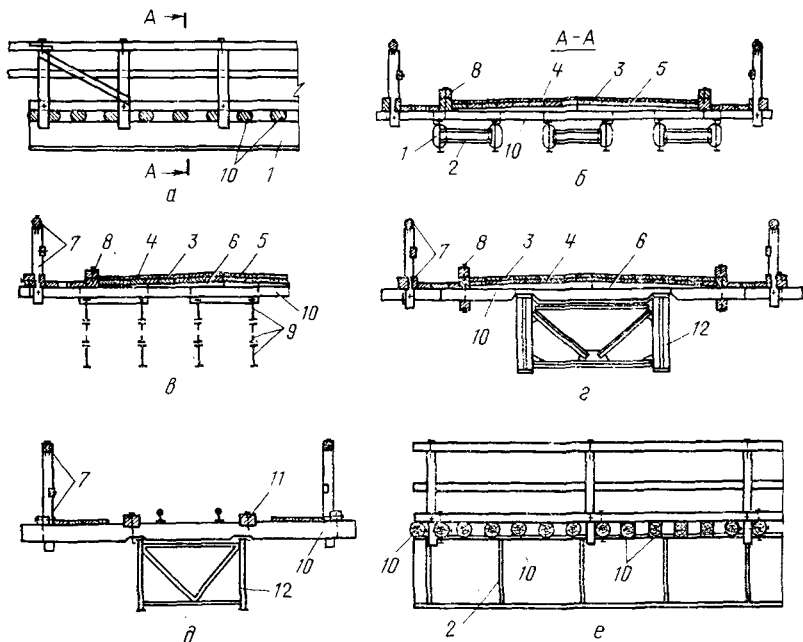


Рис. 92. Общий вид и поперечные сечения металлических пролетных строений длиной 12, 15, 18, 24 и 33 м:

1 — прокатная двутавровая металлическая балка, $l=12, 15$ и 18 м; 2 — ребра жесткости; 3 — верхний настил; 4 — нижний настил; 5 — гравий; 6 — подушечник; 7 — перила; 8 — колесоотбойный брус; 9 — составная металлическая балка, $l=12, 15$ и 18 м; 10 — поперечина; 11 — противоугонный брус; 12 — металлическая сварная балка, $l=24$ и 33 м

для каждой третьей, а в верхнем — для каждой второй доски. Для крепления поперечин к прогонам используют лапчатые болты диаметром 20 мм.

Проезжая часть на деревянных поперечинах с двойным дощатым настилом является наиболее легкой по весу и простой по изготовлению конструкции. Она отвечает условиям ее применения в лесных районах. Однако ее нельзя заблаговременно изготовить в виде отдельных блоков, поэтому ее устраивают непосредственно на месте возведения моста. Кроме того, верхний деревянный настил быстро изнашивается.

Второй тип проезжей части (рис. 92, в, г) состоит из поперечин, уложенных вплотную друг к другу (бревна диаметром

16 см или пластины), и гравийного покрытия, обработанного битумом. Этот тип проезжей части позволяет заблаговременно изготовить щиты-блоки и упростить монтажные работы. Этот тип проезжей части отличается относительной долговечностью и требует проведения таких же ремонтных работ, как и полотно дорожных покрытий.

Для отвода воды поверхности проезжей части придают поперечный уклон. В первом варианте уклон проезжей части образуется за счет укладки под двойной настил подуклонов, во втором — за счет укладки гравия большей высоты в середине.

Деревянные конструкции, изготавливаемые на строительной площадке, пропитывают маслянистыми антисептиками по методу горяче-холодных ванн или же водорастворимыми антисептиками.

Проезжую часть на лесовозных дорогах под УЖД колен 750 мм также выполняют в двух вариантах: в первом варианте (рис. 92, *е*) рельс укладывают на поперечины из круглого леса диаметром 22 см, отесываемого на один верхний кант до ширины постели 10 см; во втором — на брусья прямоугольного сечения. Поперечины нарубают на верхний пояс главных балок на глубину 2,5—3 см.

При установке пролетных строений на деревянные опоры между рельсами на поперечины укладывают дощатый настил с засыпкой щебнем на длине по 2,5 м в обе стороны от оси опоры.

Тротуары металлических мостов устраивают на консолях поперечин (рис. 92, *б—д*). Перила деревянные. Перильные стойки закрепляют болтами на концах тротуарных консолей.

Пролетные строения выполняют из сплошных балок таврового сечения, разрезной конструкции [48].

Пролетные строения длиной 12 и 15 м состоят из главных балок — прокатных двутавров № 55 и 60, объединенных попарно в пространственные блоки (рис. 92, *б*) с помощью продольных и поперечных связей. Расстояние между поперечными связями вдоль пролетного строения равно 3 м, расстояние между главными балками поперек моста равно 1 м. Главные балки пролетных строений длиной 18 м (рис. 92, *в*) составные, состоят из двух прокатных двутавров № 36 или № 40, объединенных между собой прокладками из коротышей двутавров тех же номеров; длина коротышей 690 мм.

Пролетные строения членятся в продольном и поперечном направлениях на отдельные объемные блоки. Монтажный блок состоит из двух главных балок, соединенных в пространственный элемент с продольными и поперечными связями. Максимальная длина блока 12 м. Все соединения пролетных строений предусмотрены на болтах.

Пролетные строения длиной 24 и 33 м под автомобильную лесовозную дорогу представляют собой также пространственную конструкцию, главные балки которых — сварные сплошно-

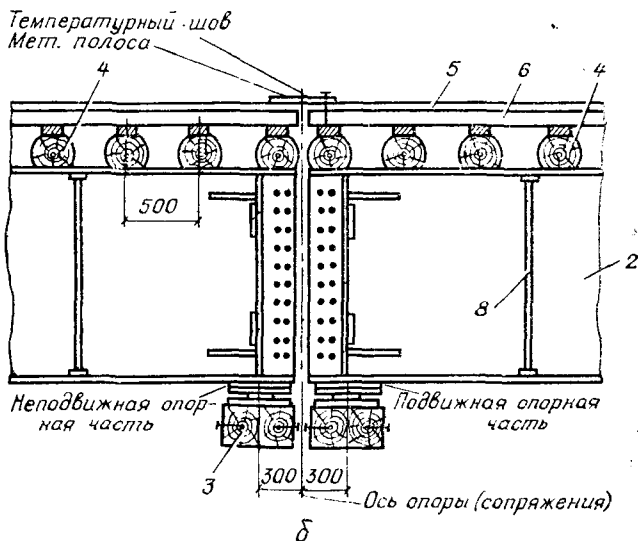
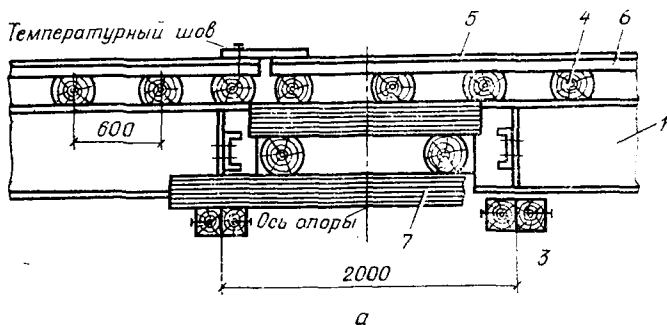


Рис. 93. Сопряжения металлических пролетных строений на опорах:

а — сопряжение прокатных двутавровых балок; б — сопряжение сварных двутавровых балок; 1 — балка пролетом 12 или 15 м; 2 — балка пролетом 24 или 33 м; 3 — опорные бруссы; 4 — поперечины; 5 — верхний настил; 6 — нижний настил; 7 — деревянные элементы соединения; 8 — ребро жесткости

стенчатые двутавры (рис. 92, д, е). Решетчатые продольные связи поставлены в уровне верхнего и нижнего поясов главных балок. Две системы продольных связей совместно с поперечными связями и парными главными балками создают жесткую пространственную конструкцию, хорошо работающую на кручение.

Пролетные строения длиной 24 и 33 м состоят из двух главных балок, расстояние между которыми 2,5 м (Г-4,5) и 5 м (Г-7 и Г-9).

Опорные части. Главные балки из прокатных двутавров снизу имеют заранее приваренные к ним опорные металлические пластины толщиной не менее 16 мм, которые крепят к насадкам опор штырями. Главные сварные двутавровые балки имеют тангенциальные подвижные и неподвижные опорные ча-

Расход материалов на пролетные металлические строения

Габарит проезжей части Г	Расчетный пролет, м									
	12		15		18		24		33	
	древесина, м ³	металл, кг	древесина, м ³	металл, кг	древесина, м ³	металл, кг	древесина, м ³	металл, кг	древесина, м ³	металл, кг
4,5	16,2	7 940	20	12 370	23,9	19 810	45,5	19 040	61,7	32 390
7	22,1	10 770	27,1	16 690	32,3	24 910	61,6	24 740	84,1	41 010
9	26,6	13 570	32,6	20 960	39,1	33 580	77,5	30 640	—	—

сти, а при укладке их на деревянные опоры они опираются с помощью металлических пластинок (рис. 93, б).

Металлические пролетные строения из прокатных двутавров (рис. 93, а) опираются на деревянные опоры с помощью деревянных брусьев и металлических пластин.

В таблице приведен расход материалов на пролетные строения для автомобильных лесовозных дорог из металлических прокатных сварных балок пролетом 12, 15, 18, 24 и 33 м, разработанных на нагрузки: лесовозный автопоезд на базе автомобиля КраЗ с седельным полуприцепом и роспуском при давлении на ось 120 кН, гусеничная нагрузка НГ-60.

Глава XII. ТРУБЫ И ЛОТКИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На лесовозных дорогах, как и на дорогах общего пользования, для пропуска под насыпью небольших расходов воды на постоянных или периодически действующих водотоках целесообразно применять трубы вместо малых мостов. Благодаря наличию земляной насыпи над трубой обеспечивается непрерывность проезжей части, что способствует постоянству скорости движения лесовозных поездов.

Грунтовая засыпка распределяет сосредоточенные давления подвижной нагрузки, смягчает динамическое воздействие. Толщина засыпки над верхом трубы должна быть не менее 0,5 м.

На трубы идет меньше материалов, чем на мосты тех же отверстий, и устройство их проще. Трубы особенно выгодны при высоких насыпях. Их нельзя применять на тех водотоках, где возможны ледоходы или корчеход, а также при селевых потоках и расположении дороги в болотистой местности.

Трубы бывают деревянные, бетонные, железобетонные, каменные, металлические, керамические и др. Наиболее распространенными являются железобетонные. Применение деревянных труб на дорогах общего пользования запрещено. На лесовозных магистралях рекомендуется использовать сборные железобетонные трубы (или из гофрированного металла). Деревянные трубы допускается применять лишь на ветках и усах со сроком действия до 5—7 лет.

По форме поперечного сечения трубы могут быть круглыми, прямоугольными и овоидальными, деревянные — треугольными и трапецеидальными. По числу совместно работающих отверстий трубы бывают одно-, двух- и многоочковые. По условиям пропуска воды — безнапорные, полунанпорные и напорные. В продольном направлении трубам придают уклон, принятый при их гидравлическом расчете, но не менее 2‰.

Труба под насыпью (рис. 94, а) состоит из основной части (тела, при сборных трубах звеньев или секций), двух оголовков — выходного и входного, и фундамента.

Оголовки обеспечивают сопряжение тела (звеньев) трубы с откосами земляного полотна и создают условия для нормального протекания воды по трубе. По характеру гидравлической работы и конструкции оголовки разделяют на порталные, коридорные, раструбные, воротниковые и обтекаемые (см. рис. 94). Первые четыре вида создают условия для без- и полунанпорного режимов протекания воды. Обтекаемые оголовки создают условия для напорного режима, но очень трудоемки в изготовлении.

Секции воспринимают давление от веса грунта насыпи и расположенной на ней временной нагрузки. Это давление неодинаково по длине трубы: оно увеличивается к середине и уменьшается к концам ее. Поэтому осадки трубы тоже неравномерны и, чтобы предупредить образование трещин или другие повреждения, секции жестких (бетонных, железобетонных) труб вместе с фундаментом разделяют сквозными вертикальными швами, располагаемыми на расстоянии друг от друга до 5—6 м.

Трубы укладывают на фундаменты, при благоприятных гидрологических и геологических условиях на грунтовое основание — естественное или искусственное. Фундаменты и основания под трубы выбирают в соответствии с физико-механиче-

скими свойствами грунтов, на которые укладываются трубы, а именно:

естественное основание — при плотных глинистых, тяжелых суглинистых (не пылеватых), песчаных и гравелистых грунтах;
естественное основание с утрамбовкой щебня на глубину

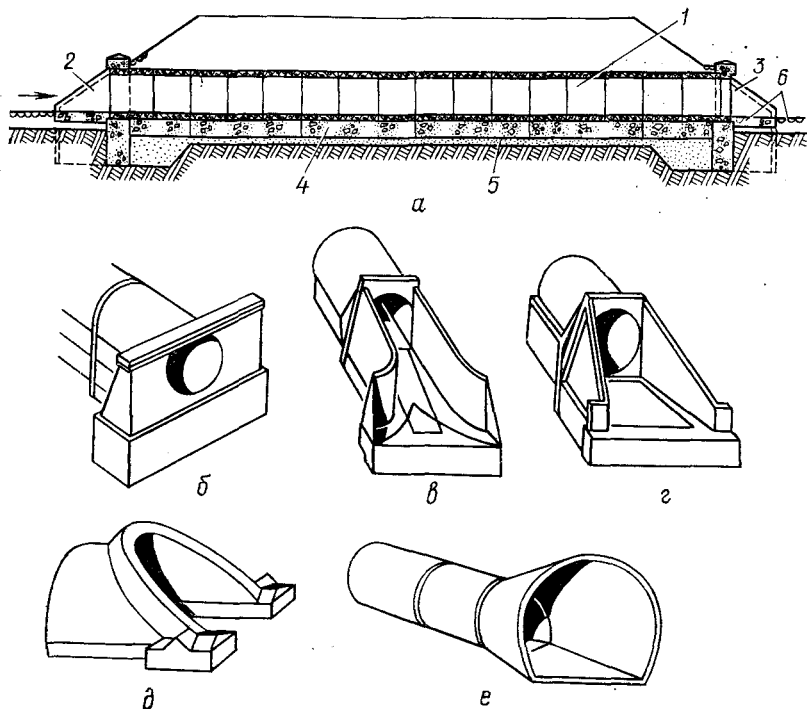


Рис. 94. Элементы трубы и типы оголовков:

а — продольный разрез трубы; *б* — порталный оголовок; *в* — коридорный; *г* — раструбный; *д* — воронниковый; *е* — обтекаемый; *1* — тело трубы; *2* — входной оголовок; *3* — выходной оголовок; *4* — монолитный фундамент; *5* — грунтовое основание; *6* — укрепление русла

20 см — при суглинистых грунтах в сухих местах и глинистых грунтах в сухих и мокрых местах;

глинисто-щебеночная подушка толщиной 0,5 м — с содержанием щебня 30% и при пылеватых песках, пылеватых суглинках в сухих местах, супесях и мелких песках в сухих и мокрых местах;

бутовый, бетонный фундаменты — в заболоченных местах и при илистых грунтах.

Фундаменты в виде бетонной подушки под звеньями устраивают толщиной 0,3—0,5 м, а под оголовками их закладывают на глубину промерзания грунта с запасом 0,3 м, при этом

минимальная глубина не менее 1 м. Под бетонные трубы чаще всего укладывают бетонные или железобетонные блоки.

Для предотвращения размыва перед входным и выходным отверстиями трубы русло водотока и откосов насыпи надежно укрепляют мощением, монолитными или сборными бетонными или железобетонными плитами.

§ 2. КОНСТРУКЦИИ ТРУБ И ЛОТКОВ

Железобетонные трубы чаще всего выполняют сборными круглого или прямоугольного сечения. При отсутствии вблизи баз стройиндустрии устраивают монолитные трубы, бетонируемые на месте. Применяют также трубы со сборным железобетонным перекрытием на бетонных монолитных стенках (рис. 95, а). В зависимости от качества грунта в основании фундаменты таких труб делают разделными (левая часть рис. 95, а) или общими под обеими стенками (правая часть рис. 95, а). Перекрытие трубы из сборных железобетонных плит служит распоркой для боковых стенок. В качестве нижней распорки служит лоток или общий фундамент. Стенки трубы делят вертикальными швами на секции длиной 3—6 м.

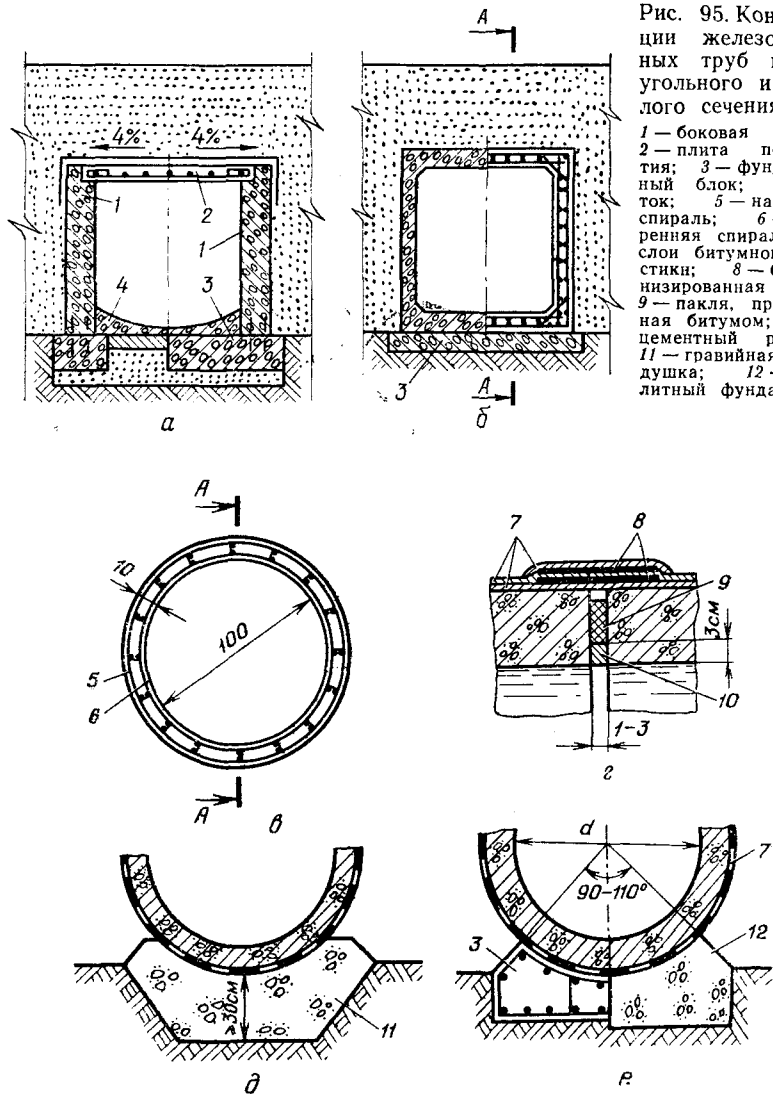
Сборные трубы прямоугольного сечения монтируют из отдельных целых четырехугольных звеньев (рис. 95, б) с фундаментом из готовых блоков. При сухих или хорошо дренирующих грунтах фундамент укладывают непосредственно на грунт, при влажных грунтах, деформирующихся при замерзании, под фундаментом устраивают подушку из крупного песка, щебня или гравия. Прямоугольные трубы имеют отверстия от 1,5 до 4 м. Оголовки их делают расширяющимися в плане, раструбного типа.

Круглые сборные железобетонные трубы (рис. 95, в) имеют малый расход материалов и производственные преимущества перед прямоугольными. В настоящее время применяют круглые трубы диаметром от 0,5 до 2 м. Звенья длиной 1—2 м имеют арматуру в виде двух спиралей, расположенных по внешней и внутренней их поверхностям. Каждый из рядов спиралей связан продольной распределительной арматурой.

При хорошо дренирующих плотных крупнозернистых песчаных, щебеночных или гравийных грунтах звенья круглых труб небольшого диаметра можно укладывать непосредственно на грунт. При супесях, мелких песках и глинистых грунтах под звенья трубы устраивают подушку (рис. 95, д) толщиной не менее 30 см из щебня, гравия или крупного песка, а при высоте насыпи более 4 м — фундаменты (рис. 95, е) из железобетонных блоков или монолитного бетона. Через каждые 2—4 м в фундаменте делают поперечные деформационные швы. В глинистых

Рис. 95. Конструкции железобетонных труб прямоугольного и круглого сечения:

1 — боковая стенка; 2 — плита перекрытия; 3 — фундаментный блок; 4 — лоток; 5 — наружная спираль; 6 — внутренняя спираль; 7 — слои битумной мастики; 8 — битумнизированная ткань; 9 — пакля, пропитанная битумом; 10 — цементный раствор; 11 — гравийная подушка; 12 — монолитный фундамент



и суглинистых грунтах основание концевых круглых труб закладывают на 0,25—0,3 м ниже глубины промерзания.

Для предотвращения проникновения воды звенья труб с наружной стороны покрывают обмазочной или оклеечной гидроизоляцией (рис. 95, г). Обмазочную гидроизоляцию применяют для круглых звеньев и для вертикальных стенок прямоугольных труб при условии изготовления из плотного бетона достаточной водонепроницаемости. Оклеечную гидроизоляцию применяют для покрытия поверхности верхних горизонтальных плит прямо-

угольных труб, а также для изоляции двух- и многоочковых круглых и прямоугольных труб под насыпями железных дорог.

Металлические трубы изготовляют из волнистой (гофрированной) стали. Применяют пока в опытном порядке.

Конструкция трубы состоит из отдельных секций длиной 4×780 мм и 3×780 мм. Размер гофра 130×35 мм при толщине листов 1,5 и 2 мм.

Основной тип продольного и поперечного стыков — стык внахлестку на обычных и высокопрочных болтах диаметром 10 и 16 мм при одно- и двухрядном расположении.

На листы и болтовые соединения нанесено цинковое покрытие для предохранения труб от коррозии. Для защиты цинкового покрытия от механических повреждений на наружную и внутреннюю поверхности трубы после сборки наносят два слоя горячего битума или битумной мастики, а в лотке трубы (нижняя часть трубы) по периметру дуги в 150° укладывают слой асфальтобетона толщиной на 1 см выше гофра.

Основание трубы представляет собой спрофилированную по очертанию трубы песчано-гравийную подготовку (50% гравия и 50% песка) толщиной не менее 40 см (под трубой) и уложенную с проектным уклоном с учетом строительного подъема трубы.

Строительный подъем трубы назначают в зависимости от ожидаемой расчетной осадки основания насыпи. При больших осадках (прогибах) и малых продольных уклонах трубы при назначении строительного подъема разрешается допускать превышение уровня лотка в середине трубы над уровнем лотка у входного оголовка в пределах 50% от расчетной осадки насыпи по оси земляного полотна. Если выполнение указанных выше условий невозможно, то применение металлической гофрированной трубы на данном водотоке не рекомендуется.

На скальных, полускальных и крупнообломочных грунтах, а также песчаных грунтах плотного сложения и глинистых грунтах твердой консистенции в основании трубы расчет прогиба не производится.

Засыпку трубы разрешается производить только после ее детального освидетельствования и устройства обмазочной изоляции. Трубу засыпают песчаным, супесчаным или суглинистым грунтом оптимальной влажности.

Деревянные трубы отверстием 0,5—2 м строят на временных лесовозных дорогах. Для продления срока службы таких сооружений древесину антисептируют.

Трубы состоят из поперечных рам треугольной, прямоугольной или трапецидальной формы, расположенных по длине трубы на расстоянии 1—2 м друг от друга. Рамы устанавливают на поперечные лежни и обшивают продольными пластинами или бревнами, прикрепляемыми к рамам ершами. Для защиты от загнивания обшивку обкладывают снаружи слоем

мятой глины. Лоток делают из досок, прибиваемых к нижней обвязке рам изнутри трубы.

Представленная на рис. 96 конструкция прямоугольной трубы состоит из двух бревен диаметром 24 см, верхние концы которых поддерживают верхнюю обвязку также из двух бревен диаметром 24 см, нижние концы стоек опираются на лежень из двух бревен диаметром 24 см. Рамы опираются на три продольных бревна диаметром 22 см с каждой стороны. Промежуток между продольными и поперечными лежнями заполняют

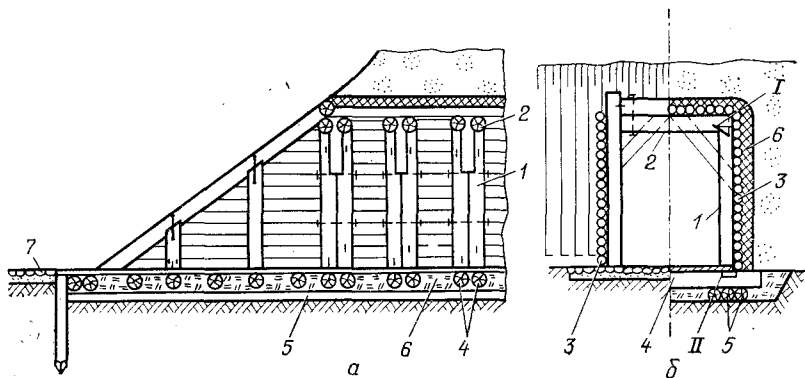


Рис. 96. Конструкция деревянной прямоугольной трубы:

a — продольный разрез по оси трубы; *б* — слева фасад, справа поперечный разрез; 1 — стойка рамы; 2 — ригель; 3 — обшивка трубы; 4 — поперечные лежни трубы; 5 — продольные лежни; 6 — изоляция из мятой глины; 7 — отмостка

тщательно утрамбованным слоем глины с песком или торфом, пропитанным битумом.

Деревянные лотки устраивают на небольших водотоках с расходом воды до 4 м³/с и при высоте насыпи до 2 м, когда невозможно построить трубу или отвести воду в соседнее сооружение. Лоток отличается от трубы отсутствием засыпки сверху.

Простейшие деревянные открытые лотки устраивают в виде рам или двух рядов свай с распорками и заборными стенками из пластин. Сверху таких лотков движение транспорта недопустимо.

Открытые деревянные лотки глубиной 1,5—1,8 м устраивают также для отвода верховой и грунтовой воды из выемок и оснований насыпей. Простейшие открытые лотки устраивают вместо кюветов на выемках, когда необходимо осушить земляное полотно на глубину большую, чем это возможно осуществить обычными кюветами.

При необходимости пропуска транспорта через лоток сверху него устраивают проезжую часть.

§ 3. ОСНОВЫ РАСЧЕТА ТРУБ

Трубы под насыпями находятся под воздействием вертикальных и горизонтальных нагрузок; от грунта насыпи и находящейся на ней подвижной нагрузки. Вследствие осадки грунта насыпи вертикальное давление на трубу оказывает не только столб земли, находящейся над трубой, но и силы трения T , возникающие по его боковым поверхностям (рис. 97, а).

Вертикальное расчетное давление от веса грунтовой засыпки определяют по формуле

$$p = H n_n \gamma_{nc}, \quad (\text{XII.1})$$

где H — высота грунтовой засыпки от верхней поверхности трубы до подошвы шпал или верха дорожного покрытия; n_n — коэффициент перегрузки от постоянной нагрузки, равен 1,2; γ_{nc} — объемная масса грунта насыпи; при

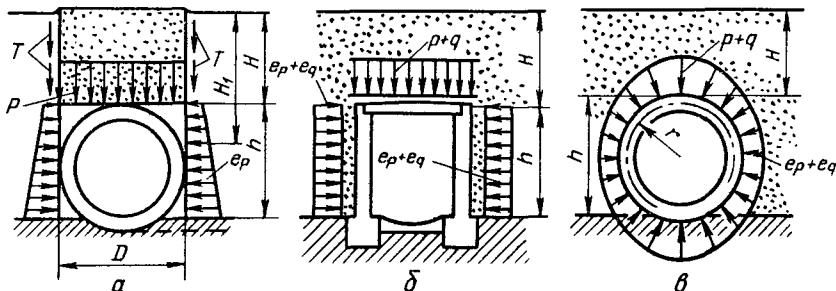


Рис. 97. Схемы передачи давления грунта насыпи на трубы:

а — схема распределения давления при круглых трубах; б — то же при прямоугольных; в — эпюра давления грунта на круглую трубу

типовом проектировании принимается $1,8 \text{ т/м}^3$; c — безразмерный коэффициент, определяемый по формуле (VIII.3).

Горизонтальное давление грунта на трубу определяют по формуле

$$e_p = H_1 n_n \gamma_{nc} \mu, \quad (\text{XII.2})$$

где H_1 — глубина грунта, на которой определяется величина горизонтального давления; $H_1 = H + h/2$ (рис. 97, а), для прямоугольных труб давление по высоте стенок трубы принимают постоянным [остальные обозначения даны в формуле (VIII.2)].

Давление грунта на трубы от временной вертикальной нагрузки, расположенной на насыпи (при высоте засыпки грунта над трубами 1 м и более), определяют по следующим формулам:

от подвижного состава железных дорог

$$q = \frac{K}{0,5H + 1,4} n_{вр}; \quad (\text{XII.3})$$

на автомобильных дорогах:

$$\text{при } H-10, H-30 \quad q = \frac{K}{1,02H + 0,88} n_{вр}; \quad (\text{XII.4})$$

$$\text{при } НГ-30, НГ-60 \quad q = \frac{K}{H + 0,87} n_{вр}; \quad (\text{XII.5})$$

$$\text{при } НК-80 \quad q = \frac{190}{H + 3},$$

где K — класс нормативной временной вертикальной нагрузки от подвижного состава; для железных дорог те же значения, что и при расчете мостов: при Н-10, Н-30 соответственно 10 и 30; при НГ-30 и НГ-60 соответственно 21,6 и 31,5; H — высота засыпки грунта от верха наружной поверхности трубы до подошвы шпал или до верха дорожного покрытия; $n_{вр}$ — коэффициент перегрузки к подвижной нагрузке.

При высоте засыпки над трубами менее 1 м определяют фактическое вертикальное давление с учетом его распределения в грунте под углом 30° к вертикали.

Горизонтальное давление как от железнодорожной, так и от автомобильной временных нагрузок определяют умножением вертикального давления на коэффициент μ , т. е.

$$e_q = \mu q. \quad (XII.6)$$

Для прямоугольных труб величину горизонтального давления e_p и e_q как от временной, так и постоянной нагрузок принимают для упрощения расчетов постоянной по высоте трубы (рис. 97, б) и приложенной на уровне средней высоты трубы.

Ригели, распорки и стойки рам деревянных прямоугольных труб рассчитывают как сжато-изгибаемые элементы.

Определение давлений грунта и временных вертикальных нагрузок приведено выше. При известных эпюрах нагрузок, действующих на трубу, расчетные усилия в элементах прямоугольных труб определяют обычными методами строительной механики.

Наибольший изгибающий момент от сил p и q в круглой железобетонной трубе может быть определен по приближенной формуле без учета нормальных и поперечных сил

$$M = kr^2(p + q)(1 - \mu), \quad (XII.7)$$

где r — средний радиус круглого звена, m (принимается от середины толщины звена); k — коэффициент: $k=0,22$ для звеньев, уложенных на фундамент, $k=0,25$ для звеньев, уложенных на грунтовое основание.

По полученным усилиям определяют толщину стенок трубы и необходимое армирование.

При расчетах на прочность (по первой группе предельных состояний) нагрузки вводят с коэффициентами перегрузки. Расчеты по второй группе предельных состояний ведут на нормативные нагрузки без учета коэффициентов перегрузки.

Глава XIII. ПОДПОРНЫЕ СТЕНКИ И СООРУЖЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

§ 1. КОНСТРУКЦИИ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК

Сооружения, предназначенные для поддержания откосов выемки или насыпи и предохраняющие их от обрушения, называют подпорными стенками.

Подпорные стенки, удерживающие массив породы, которая имеет крутизну большую, чем предельная по условиям устойчивости, позволяют значительно сократить объемы земляных работ.

На дорогах подпорные стенки укрепляют: низовой откос насыпи — низовые стенки (рис. 98, а), верховой откос выемки — верховые стенки (рис. 98, б); на горных дорогах они укрепляют оба эти откоса. Иногда подпорные стенки соору-

жают для проложения непосредственно по ним дороги, для устройства причалов и т. д.

По статической работе подпорные стенки могут быть ленточные (рис. 98, а—е), имеющие одно и то же сечение по всей длине, и контрфорсные (рис. 98, ж, з), состоящие из отдельных ребер, объединенных стенками, непосредственно воспринимающими давление грунта.

Подпорные стенки бывают жесткими и гибкими. Жесткие (рис. 98, а—и) выполняют из бутовой, каменной или кирпич-

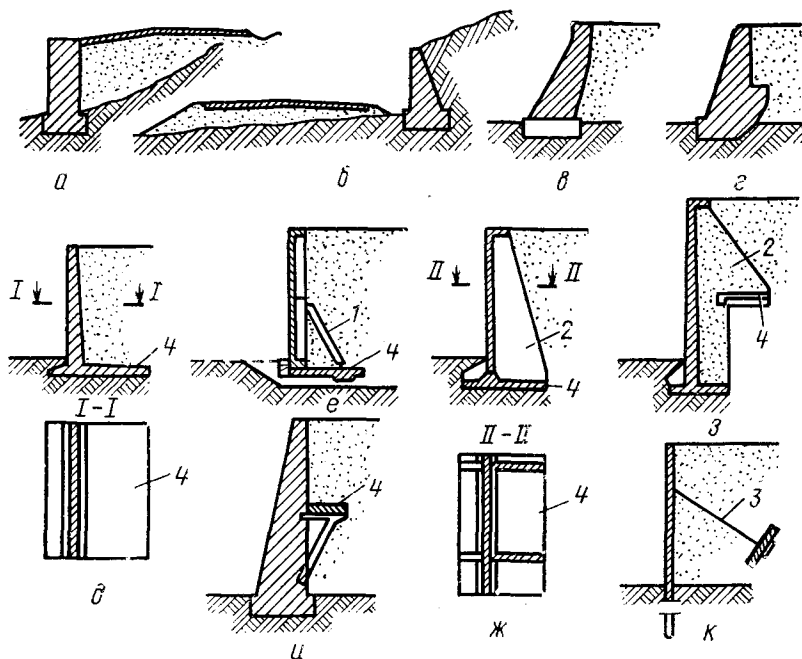


Рис. 98. Схемы подпорных стенок:

1 — анкерная тяга; 2 — контрфорса в виде ребра; 3 — анкер; 4 — горизонтальная полка

ной кладки, из сборного или монолитного бетона и железобетона, деревянных ряжей, железобетонных или металлических ящиков, заполняемых камнем, песком и др. Гибкие подпорные стенки (рис. 98, к) выполняют из железобетонного, металлического или деревянного шпунта и называют шпунтовыми. Такие стенки устраивают в основном при слабых и разрыхленных грунтах, причем устойчивость их обеспечивают заделкой в грунт. Если высота гибкой стенки оказывается значительной, ее закрепляют в грунте при помощи анкерных оттяжек. Анкер 3 состоит из металлической или железобетонной

тяги и анкерной плиты, размещаемой в грунтовой засыпке за пределами призмы обрушения.

По типам конструкции жесткие подпорные стенки делят на массивные и тонкостенные (облегченные) и комбинированные.

Устойчивость массивных подпорных стенок (рис. 98, а—г) обеспечивается собственным весом кладки, тонкостенных (облегченных) железобетонных подпорных стенок (рис. 98, д—з) в основном весом грунта, вовлекаемого конструкцией в работу за счет горизонтальной полки, придавленной весом грунта или анкером (рис. 98, к).

В комбинированных конструкциях подпорных стенок дополнительные разгружающие площадки располагают в середине передней грани массивной стены (рис. 98, и).

§ 2. РАСЧЕТ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК

Расчет подпорных стенок, как и всех несущих конструкций, производится по методу предельных состояний с введением в расчет соответствующих коэффициентов перегрузки. Подпорные стенки рассчитывают на устойчивость против сдвига по основанию, против опрокидывания, на прочность самой конструкции стены, на прочность грунта основания.

Конструкции подпорных стенок находятся под воздействием собственного веса, активного и пассивного бокового давлений грунта (рис. 99) и

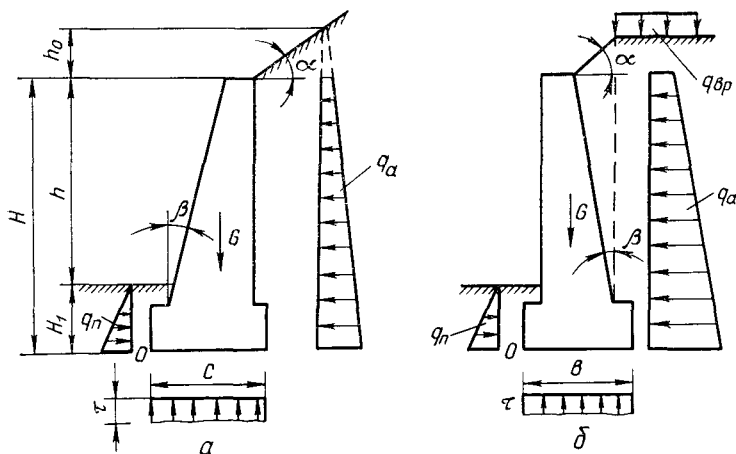


Рис. 99. Схемы нагрузок для расчета подпорных стенок:

а — на верховую; б — на низовую

гидростатического давления, которое учитывается при расположении стенки в водоносных грунтах. Боковое давление на стену определяют от грунта с учетом взвешивающего действия воды и отдельно от воды.

При расчете низовых подпорных стенок, удерживающих откос насыпи, по которой проходит дорога, учитывают действие временной подвижной нагрузки на призме обрушения (рис. 99, б).

Расчет подпорных стенок иногда ведется путем назначения общих размеров ее профиля с последующим поверочным расчетом. Учитывая трудность предварительного назначения размеров, рекомендуется определять ширину фундаментных плит по предварительно найденным нагрузкам. Расчет гладких подпорных стен ведется на 1 м длины стены.

Активное давление однородного грунта на глубине H от верха стенки определяется по формуле

$$q_a = H\gamma\lambda_a; \quad (\text{XIII.1})$$

пассивное давление по формуле

$$q_p = H_1\gamma\lambda_p, \quad (\text{XIII.2})$$

где γ — объемная масса грунта; H — высота подпорной стенки; λ_a , λ_p — коэффициенты активного и пассивного давления грунта, зависящие от угла наклона поверхности к горизонту α , угла внутреннего трения грунта φ , угла наклона задней грани стенки β , принимаемого положительным при наклоне стенки от грунта.

Значения коэффициентов λ_a и λ_p для различных значений φ , α и β можно найти в таблицах справочников [49]. При грунтовой засыпке с верхней горизонтальной ($\alpha=0^\circ$) и задней вертикальной ($\beta=0^\circ$) поверхностью стены коэффициенты λ_a и λ_p определяются по формулам:

$$\lambda_a = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right); \quad \lambda_p = \text{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right).$$

Полное активное (нормативное) давление на стенку

$$E_a^n = \frac{1}{2} \gamma H^2 \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right). \quad (\text{XIII.3})$$

Пассивное (нормативное) давление грунта

$$E_p^n = \frac{1}{2} \gamma H_1^2 \text{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right). \quad (\text{XIII.4})$$

Следует отметить, что силу пассивного отпора учитывают с коэффициентом 0,25—0,5. При типовом проектировании принимают $1/3$ от E_p^n .

При наличии на поверхности равномерно распределенной нагрузки интенсивностью q (см. рис. 99, б) эту нагрузку заменяют эквивалентным слоем грунта высотой $h_0 = q/\gamma$, тогда выражение для определения E_a^n принимает вид:

$$E_a^n = \frac{1}{2} \gamma H^2 \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \left(1 + \frac{2h_0}{H}\right). \quad (\text{XIII.5})$$

Точка приложения активного давления E_a^n лежит на $1/3$ высоты подпорной стенки, т. е. $z = H/3$ (от низа подошвы фундамента).

Устойчивость стенки против сдвига по основанию определяют по формуле

$$\frac{T_{сд}}{T_{пр}} \leq m_c, \quad (\text{XIII.6})$$

где $T_{сд}$ — расчетная сдвигающая сила, равная алгебраической сумме проекций всех расчетных сил на плоскость скольжения; $T_{пр}$ — предельная сдвигающая сила, равная сумме проекций удерживающих сил; m_c — коэффициент условий работы, принимаемый равным при расчете низовых стен (кроме расчета их на нагрузку НК-80) 0,8; во всех других случаях 0,9.

На устойчивость подпорной стенки против опрокидывания расчет ведут по формуле

$$\frac{M_{оп}}{M_{пр}} \leq m_0, \quad (\text{XIII.7})$$

где $M_{оп}$ — расчетный опрокидывающий момент, равный алгебраической сумме моментов всех сил относительно оси поворота стены (на рис. 99, точка O); $M_{пр}$ — предельный расчетный опрокидывающий момент, равный сумме моментов удерживающих сил относительно той же точки; m_0 — коэффициент условий работы, принимаемый для стенок, опирающихся на скальные основания, 0,80, а на нескальные — 0,70.

Прочность грунтового основания под стенкой определяется по обычным формулам сопротивления материалов для внецентренного сжатия. Прочность основания считается обеспеченной, если удовлетворяются условия

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{F} \left(1 \pm \frac{6l_0}{b} \right) \leq 1,2R_0; \quad (\text{XIII.8})$$

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{N}{F} \leq R_0,$$

где σ_{\max} , σ_{\min} — крайние напряжения грунта основания; $\sigma_{\text{ср}}$ — средние напряжения грунта основания; R_0 — расчетное сопротивление грунта осевому сжатию; N — сумма всех вертикальных расчетных сил; b — ширина подошвы фундамента; F — площадь основания; l_0 — эксцентриситет приложения силы по подошве фундамента.

Расчет на прочность самой конструкции предусматривает определение моментов, нормальных и поперечных сил в сечениях стены с проверкой прочности этих сечений.

§ 3. ЭСТАКАДЫ

Эстакады предназначены для расположения на них различного технологического оборудования: транспортеров, галерей и т. д. Так, при разделке хлыстов и сортировке древесины на нижних складах леспромхозов, при подаче древесины в различные производственные цеха (лесопильные, шпалорезные), а также транспортировании древесных отходов применяют цепные, ленточные и скребковые транспортеры, которые и размещаются на эстакадах.

По расположению в вертикальной плоскости эстакады могут быть горизонтальные, наклонные и смешанного типа, по материалу — деревянные, железобетонные, металлические и смешанной конструкции. Наиболее часто применяются деревянные.

Конструктивно эстакада состоит из опор, пролетных строений (горизонтальных или вертикальных) и систем горизонтальных (горизонтальных и поперечных) и диагональных связей, обеспечивающих общую пространственную жесткость системы.

Опоры эстакад обычно свайные. При небольшой высоте и надежных грунтах опоры могут быть рамные или в виде отдельных ступьев. Пролетные строения эстакад могут быть такие же, как и у балочных мостов малых пролетов.

Нагрузки на эстакады значительно меньше, чем на лесовозных дорогах. Однако неравномерное поступательное движение транспортеров вызывает колебания вдоль и поперек эстакады. Для восприятия этих усилий служат горизонтальные и диагональные связи.

Величины поперечных сечений всех деталей эстакад назначают конструктивно, при необходимости проверяют методами строительной механики. Нагрузки принимают на погонную длину по фактическому весу оборудования и предварительно заданным сечениям элементов эстакады.

Общая ширина эстакады принимается в зависимости от габаритов транспортеров. Все элементы между собой соединяются простыми врубками, болтами и ершами.

§ 4. ВЫШКИ И ОПОРЫ

Вышки предназначены для наблюдения лесных пожаров. Обычно вышки имеют вид усеченной пирамиды. Вышка состоит из ствола, опирающегося на фундамент, и наблюдательного помещения с крышей. Ствол состоит из четырех основных несущих элементов-стоек, скрепленных горизонтальными схватками и диагональными связями. Вышка по высоте делится на ярусы горизонтальными схватками с расстоянием между ними 3—6 м. Первый ярус схваток — это обвязочная рама по верху фундамента вышки; верхний (последний) ярус предназначен для наблюдательного помещения; на последней обвязочной раме укрепляется крыша наблюдательного помещения. Внутри ствола вышки, в пределах каждого яруса, располагается лестница для подъема на вышку.

Основание для размещения помещения имеет размеры от $1,8 \times 1,8$ м до 3×3 м, сторона нижнего основания равна 0,3—0,35 от высоты вышки. Высота вышки до 50 м.

Ствол вышки выполняют из наклонных стоек в одно (при высоте до 35 м) или два бревна, диаметр бревна в нижнем ярусе 26—28 см, в верхнем — 18—20 см.

Сопряжения схваток и раскосов между собой и со стойками осуществляются простейшими врубками, подтесками, болтами и скобами. Наращивание стоек по длине выполняется на одном уровне для всех четырех стоек врубками вполдерева с креплением болтами и хомутами. Каждая из четырех стоек располагается на столбчатом фундаменте.

Опоры бывают обычные — для электропередач и связи и специальные для погрузки и разгрузки древесины в лесу и на нижних складах.

Деревянные опоры линий электропередач и связи все еще находят широкое применение, так как они дешевле стальных и железобетонных и менее трудоемки в строительстве, поскольку изготавливаются из местных лесоматериалов. Несмотря на относительно высокие расходы по содержанию, деревянные опоры более экономичны по сумме капитальных вложений по сравнению со стальными и железобетонными. Опоры изготовляют из древесины сосны, пропитанной комбинированными составами антисептиков и антипиренов. Исключение составляет древесина лиственницы зимней рубки.

Обычные опоры бывают одностоечные и П-образные с параллельными стойками, а для линий высокого напряжения — трех- и четырехстоечные (портальные) — внизу расставленные (попарно) на некотором расстоянии, вверху соединенные между собой. Обычные опоры, как правило, изготавливают по ГОСТ и в редких случаях проверяют расчетом.

Специальные опоры (мачты) состоят из трех, четырех и более бревен, плотно пригнанных между собой и соединенных болтами, металлическими хомутами и т. п.

Специальные опоры рассчитывают как внецентренно сжатый стержень. Основными нагрузками, действующими на мачту, являются вес пачки хлыстов (или бревен) и горизонтальное давление ветра.

§ 5. ВОДОНАПОРНЫЕ БАШНИ

Водонапорные башни служат для создания необходимого напора в водопроводной сети и для обеспечения водой во время остановки работы насосных станций.

Водонапорная башня состоит из резервуара (для воды) емкостью 25, 50, 150, 250, 500 и 1000 м³, опоры (ствола) для расположения на ней резервуара и фундамента, на который опирается ствол. Резервуары башен бывают деревянные, из клепок, металлические и железобетонные.

Раньше в условиях лесозаготовительных предприятий строились деревянные башни двух типов: брусчатые высотой (от уровня земли до дна резервуара) 5 и 10 м и решетчатые высотой 10, 15 и 20 м.

Стены брусчатых башен выполняли из брусьев сечением 15×15 см. Для равномерной осадки и устойчивости стены башни с двух сторон скрепляли сжимами, закрепленными в фундаментах. В сжимах для свободной осадки стен есть продольные прорезы, в которых расположены стяжные болты. Резервуар для воды устанавливали на настил (из брусьев), уложенный на несущий каркас, располагаемый внутри башни.

Решетчатая башня состоит из вертикально или наклонно поставленных ферм, образующих в плане квадрат или правильный многоугольник. Таким образом, башня представляет собой сквозную пространственную конструкцию, ствол которой состоит из четырех, шести или восьми стоек — ног башни, связанных между собой горизонтальными схватками и диагональными раскосами. Площадка под шатер и резервуар поддерживается стойками и специальными подкосами. В деревянных башнях применяли несколько типов решетки: одностоечную, полустоечную, перекрестную и ромбическую (рис. 100).

Узловые сопряжения выполнялись на врубках с лобовым упором, отдельные элементы скрепляли болтами, гвоздями и хомутами. Стены будки, в которой устанавливали резервуар, изнутри

утепляли для того, чтобы вода в нем не замерзала. Деревянные башни в настоящее время применяются редко. Широкое распространение получили кирпичные и железобетонные.

Кирпичные стволы (опоры), так же как и деревянные, имеют малую высоту (до 15 м) и резервуар небольшой емкости (25—30 м³). Кирпичная опора башни представляет собой в плане цилиндрический ствол со стенами толщиной 250 мм в назем-

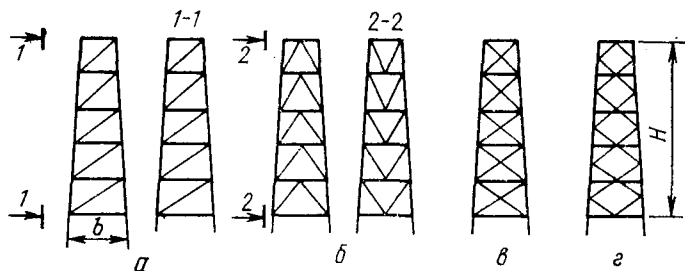


Рис. 100. Схемы деревянных башен:

а — башня с раскосной решеткой; *б* — башня с полураскосной решеткой; *в* — башня с перекрестной решеткой; *г* — башня с ромбической решеткой

ной части и 380 мм в заглубленной. Фундамент выполняют в виде круглой железобетонной монолитной плиты.

Железобетонные опоры башен представляют собой сплошную монолитную цилиндрическую оболочку или же сборные железобетонные пространственные конструкции стержневой рамной или сквозной сетчатой системы.

Глава XIV. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

§ 1. МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

На лесовозных и лесохозяйственных дорогах, как правило, строят малые и средние мосты, трубы и др.

К малым сооружениям относят мосты общей длиной до 30 м, водопропускные трубы и лотки, подпорные стенки небольшой длины и т. п. Элементы малых сооружений изготовляют на ближайших действующих предприятиях, полигонах и базах стройиндустрии, действующих ограниченнй срок. Малые мосты и трубы надо строить только по типовым проектам, привязанным к местным условиям строительства, силами специализированных подвижных организаций, снабженных необходимыми самоходными монтажными кранами, транспортными средствами, различным инвентарем и оборудованием.

Средние мосты (длиной до 100 м) необходимо строить специализированным организациям с использованием типовых конструкций.

Конструкции малых и средних сооружений и технологический процесс их строительства достаточно однотипны. Поэтому их надо строить с использованием определенных технологических правил возведения.

Строительные работы выполняют одним из следующих методов: последовательным, параллельным и поточным.

Последовательный метод предусматривает выполнение строительных работ на каждом следующем сооружении лишь после окончания всех работ на предыдущем. При этом общее число рабочих на объекте минимальное, а продолжительность строительства предельно большая. Поэтому такой метод применяют в тех случаях, когда на дороге возводится небольшое количество сооружений, расположенных далеко друг от друга, или когда ограничено количество оборудования и отдельные строительные процессы невозможно совместить по времени с другими.

Параллельный метод предусматривает одновременное выполнение строительных работ на всех однотипных сооружениях, при этом в пределах одного сооружения отдельные виды работ ведут в определенной технологической последовательности. При равных объемах работ и численности рабочих бригад работы на всех принятых к строительству сооружениях начинаются и заканчиваются одновременно. Общая продолжительность постройки всех сооружений равна продолжительности возведения одного сооружения. При этом методе количество используемой рабочей силы достигает максимума, но сокращается общий срок строительства. Такой метод может быть рекомендован при срочном строительстве, когда сроки преваляют над всеми остальными факторами.

При поточном методе бригады, выполняющие определенные виды работ, заняты на строительстве данных сооружений непрерывно. Например, специальная бригада, окончив работы по монтажу свай под одно сооружение, переходит на другое для выполнения той же работы. Эта бригада не имеет перерыва в работе, сохраняет постоянный состав и, переходя с одного объекта на другой, создает непрерывный поток. Вслед за этой бригадой (и перед ней) в таком же порядке работают бригады, занятые другими операциями. При этом рабочая сила используется более правильно и равномерно. Мосты и трубы строят с опережением возведения земляного полотна, заканчивая их возведение до устройства дорожного основания и покрытия с тем, чтобы не оставлять разрывов на сооружаемой дороге. Средние и малые мосты заканчивают за 10—15 дней до возведения земляного полотна. Срок окончания крупных мостов может совпадать со сроком строительства дороги.

Существует два способа строительства: хозяйственный и подрядный. При хозяйственном — строительство осуществляет само предприятие, при подрядном — специализированная строительная организация.

При подрядном способе за каждой бригадой закрепляют определенный участок или объем работ (этап работ).

Этапом считается технологически законченный комплекс строительно-монтажных работ, выделяемый в смете отдельной строкой. При этом упрощаются расчеты между подрядчиком и заказчиком (бригадой и руководством строительства дороги), сокращается продолжительность и повышается качество строительства и на основе этого более эффективно используются капитальные вложения.

Для обеспечения строительства в короткие сроки большого числа (комплекса) малых и средних искусственных сооружений целесообразнее применять поточно-скоростной метод. Сокращение срока обеспечивается за счет совмещения работ во времени и использования максимально возможного числа рабочих и строительного оборудования с организацией работ широким фронтом на большом участке дороги. Наиболее применим этот способ на дорогах общего пользования.

§ 2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Состав проектной документации. Искусственные сооружения строят по рабочим чертежам (РЧ), разработанным на основании утвержденного технического проекта (ТП), в состав которого входит проект организации строительства (ПОС), служащий основанием для планирования капитальных вложений, обеспечения стройки кадрами и материально-техническими ресурсами, а также для составления сводной сметы на строительство в период проектирования.

Проект организации строительства (ПОС) содержит: пояснительную записку, календарный график строительства, сводную ведомость основных строительно-монтажных работ, сводный график потребности в строительных конструкциях, материалах и оборудовании, график движения строительных машин и транспортных средств, строительный генеральный план, схемы сооружения основных элементов моста.

Проект производства работ (ППР) составляют одновременно с рабочими чертежами. ППР разрабатывают на основе решений, принятых в ПОС, уточняя их по рабочим чертежам конструкций. В ППР уточняют сроки строительства и устанавливают очередность и методы производства работ, мероприятия подготовительного периода, график поступления на объект материалов, конструкций оборудования и т. д. В состав проекта должен входить строительный генеральный план

с уточненным расположением транспортных путей, сетей электроснабжения, площадок укрупнительной сборки строительных элементов и т. п.

Для сокращения объема проектных работ на строительство применяют технологические карты, которые составляют на работы, имеющие массовый характер.

В системе лесной промышленности действуют «Технологические правила и карты строительства лесовозных автомобильных дорог», разработанные Государственным проектным институтом «Гипролестранс» и состоящие из двух томов: том I — типовые технологические правила производства работ, в основу которых принят поточный метод строительства; том II — типовые технологические правила.

Проект производства работ составляют с учетом правил техники безопасности. Если строится технически несложный объект, например малый мост на суходоле или труба, проект производства работ может состоять только из графика работ, стройгенплана и краткой пояснительной записки.

Для выбора оптимального решения проекта организации строительства нужно рассмотреть несколько возможных вариантов, из которых выбирают наиболее эффективный.

Эффективность вариантов можно сравнить по следующим показателям:

степени механизации строительных работ M (в %)

$$M = \frac{C_m}{C} 100,$$

где C_m — стоимость механизированных строительно-монтажных работ;

C — полная стоимость строительно-монтажных работ;
степени оснащенности строительства машинами M_0 (в %)

$$M_0 = \frac{\Phi_m}{C_k} 100,$$

где Φ_m — стоимость необходимых строительных машин и механизмов, транспортных средств и оборудования;

C_k — сметная стоимость строительства;
степени оснащенности строительства кранами

$$K_0 = \frac{\Sigma Q_i}{N},$$

где ΣQ_i — суммарная грузоподъемность всех кранов, предусмотренных для строительства моста;

N — число рабочих дней, необходимых для производства работ, чел.-дни;

энергоёмкости строительства, определяемой суммарной мощностью всех силовых двигателей, приведенной к одной единице измерения.

Чем выше степень механизации и оснащенности строительства машинами и чем ниже энергоемкость, тем эффективней вариант проекта организации строительства моста, при составлении которого строительные работы необходимо распределить по временам года так, чтобы было равномерное загрузление работой в течение всего срока строительства.

Составление графиков. Для того чтобы иметь четкое представление о технологической последовательности, объемах и продолжительности отдельных видов работ, составляют графики. При составлении календарных графиков решают следующие вопросы: распределение работ по времени года, очередность выполнения отдельных видов работ, последовательность завоза на строительство материалов и оборудования, необходимых в каждый отрезок времени, потребность в механизмах и трудовых затратах. Решение этих вопросов отражается в различных линейных графиках. Для средних и крупных объектов, а также для комплекса сооружений на дороге составляют сетевые графики, позволяющие четко выделить работы, от которых зависит продолжительность всего строительства.

При составлении графиков наряду с данными проекта производства работ используют «Единые нормы и расценки» труда рабочих, занятых на строительстве (ЕНиР) для основных видов работ по затратам труда рабочей силы, производительности механизмов и т. д.

Линейный график строительства группы искусственных сооружений составляют совместно с линейным графиком строительства участка автомобильной дороги. В нем указывают сроки начала и конца постройки этого объекта или каждого из группы сооружений, увязав их со сроками основных дорожных работ.

Календарный график организации строительства группы искусственных сооружений показывает распределение основных работ (монтажных опор, пролетных строений и др.) на каждом из сооружений по времени года. Кроме этого, график показывает движение рабочей силы, строительных машин и транспорта с объекта на объект на всем участке строительства дороги.

Директивным графиком отдельного сооружения определяют время, отводимое на подготовительные и основные строительно-монтажные работы. Предусматриваемые графиком сроки должны быть увязаны со сроками, установленными вышестоящей организацией и продиктованными общим планом строительства и условиями финансирования.

В дополнение к календарным графикам составляют рабочие, уточняющие некоторые виды работ.

Рабочий график строительства сооружения составляет строительная организация. В нем в соответствии с реальными условиями отражают уточненные сроки и затраты труда на

каждый вид строительного-монтажных работ. Рабочий график имеет подробный перечень всех видов работ. На основе рабочего графика составляют графики обеспечения конструкциями, материалами, оборудованием, механизмами и определяют потребность по месяцам.

Рабочий график основывают на подробной ведомости объемов работ по строительству. Он служит исходным документом для составления декадных (недельных) рабочих графиков на отдельные виды работ. Эти графики, как правило, являются почасовыми или почасовыми, они входят в состав технологических карт.

§ 3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ

Качество возводимых искусственных сооружений на всех этапах строительства в значительной мере зависит от хорошей организации и выполнения полного комплекса геодезических, разбивочных и контрольно-измерительных работ. На строительстве малых и средних мостов и труб эти работы выполняет производитель работ.

Перед постройкой на местности размечают оси и контуры сооружения в соответствии с проектом. В процессе строительства систематически контролируют положение отдельных частей конструкций в плане, вертикальной плоскости и по высоте. Разбивочные и контрольные работы выполняют обычными приемами, принятыми в геодезии, используя теодолиты, эккеры, нивелиры, мерные ленты, стальные рулетки, мерную проволоку, нивелирные рейки, вехи, шпильки и отвесы.

Исходными точками для разбивочных и контрольных работ служат знаки геодезической основы, т. е. пункты, закрепляющие ось трассы подходов к сооружению, высотные реперы или марки. Исходные точки на оси трассы подходов должны быть связаны с пикетажем трассы. Реперы должны быть связаны нивелировкой с отметками продольного профиля дороги.

Для труб и мостов длиной до 50 м должно быть не менее двух пунктов закрепления продольной оси моста и один репер; для мостов длиной от 50 до 300 м требуется по два геодезических пункта и один репер на каждом берегу.

Разбивка осей сооружения начинается с нанесения их на местности.

При разбивке осей трубы на местности восстанавливают ось трассы, затем стальной лентой отмеряют по оси дороги расстояние от ближайшего пикета до продольной оси трубы. Над полученной точкой устанавливают угломерный инструмент (теодолит) и, отложив в натуре углы между осью трассы и осями трубы, закрепляют последние контрольными знаками.

При разбивке осей моста для нанесения продольной оси угломерный инструмент устанавливают в створе закреп-

ленных знаков, определяющих направление трассы дороги в месте перехода. Ось намечают, забивая точно по инструменту ряд колышков. Затем стальной лентой отмеряют расстояние от ближайшего пикета до начала моста и в полученной точке устанавливают закрепительный знак от начала моста, по продольной его оси откладывают проектные расстояния до центров всех опор. В каждой из полученных точек устанавливают угломерный инструмент и, вращая трубу на указанный в проекте угол α , определяют направление осей опор.

Положение отдельных свай закрепляют, забивая колышки в точках, полученных промером от оси опоры до каждой из осей свай. Все промеры надо делать точно по горизонтали, для чего на склонах берегов устраивают легкие горизонтальные мостики или подмости. Промеры с одного мостика на другой переносят при помощи отвеса. Для непосредственных промеров в пределах русла незамерзшей реки (летом, осенью) подобные подмости приходится делать вдоль оси моста и вокруг опор. Удобно разбивать оси зимой по льду, в который заранее вмораживают планки, а к ним прикрепляют доски, проверяя их горизонтальность ватерпасом. На досках по теодолиту намечают ось моста. Точность измерений контролируют двойными промерами в прямом и обратном направлениях.

§ 4. УСТРОЙСТВО ФУНДАМЕНТОВ НА СВАЯХ

Для погружения свай используют различные способы: удары, вибрацию и размыв грунта. Наиболее часто сваи погружают ударами, создаваемыми специальными молотами.

На строительстве мостов и других искусственных сооружений используют следующие виды свайных молотов: подвесные (падающие), паровоздушные одиночного и двойного действия; дизельные, вибрационные (вибропогружатели).

Подвесные (падающие) молоты представляют собой тяжелую чугунную отливку, имеющую сверху петлю для подвески к тросу и приспособление, направляющее движение молота вдоль стрелы копра. Сейчас их применяют редко.

Паровоздушные молоты приводятся в действие паром или сжатым воздухом. Наиболее просты и безотказны в работе молоты одиночного действия, применяемые, как правило, для забивки свай в тяжелые грунты, когда недостаточно веса и энергии удара молотов других систем. Такой молот имеет массивный цилиндр, являющийся ударной частью молота. Молоты одиночного действия имеют вес ударной части от 10 до 60 кН.

Паровоздушные молоты двойного действия отличаются тем, что в них ударная часть закреплена на поршне, а цилиндр, роль которого выполняет корпус молота, лежит на свае, не отрываясь от нее. Вес ударной части этих молотов от 0,95 до 15 кН.

Достоинство молотов двойного действия — большое число ударов в минуту, поддерживающее сваю как бы в постоянном движении и препятствующее засасыванию ее в вязких грунтах, но для этих молотов нужно иметь паровой котел или компрессор, что создает громоздкость сваебойной установки.

Дизельные молоты (дизель-молоты) не требуют для своей работы дополнительного энергетического оборудования. Дизель-молот работает по принципу двухтактного двигателя и приводится в действие энергией взрывов горючего, вбрызгиваемого в цилиндр. Дизель-молоты бывают штанговые, в которых ударной частью служит подвижный цилиндр, и трубчатые — с поршнем. Вес ударной части дизель-молота от 4,5 до 35 кН.

Преимуществами дизельных молотов по сравнению с другими типами являются экономичность за счет малого расхода дешевых сортов горючего, компактность и транспортабельность за счет отсутствия громоздких силовых установок, высокая производительность и быстрое приведение в действие.

Вибрационные молоты (вибропогружатели) применяются для погружения свай в несвязные грунты. В связных (глинистых) грунтах вибропогружение малоэффективно. Сущность вибрационного способа заключается в том, что с помощью вибраций, сообщаемых свае и окружающему грунту, значительно уменьшаются силы трения, в результате чего свая легко погружается в грунт. Вибрации создаются с помощью специального снаряда — вибратора или вибропогружателя. Для погружения железобетонных свай применяют вибропогружатели с частотой 400—600 колебаний в минуту и возмущающей силой 200—300 кН. Деревянные сваи целесообразно погружать вибропогружателями высокой частоты и меньшей возмущающей силы.

При выборе типа молота следует учитывать его соответствие весу сваи и обеспечению необходимой глубины забивки.

Необходимая энергия удара молота может быть приближенно определена по величине несущей способности сваи:

$$W \geq 25P_{\text{пр}}; \quad P_{\text{пр}} = \frac{P_c}{m_2 k},$$

где W — энергия удара молота, принимаемая по таблицам технических характеристик свайных молотов, Дж;

$P_{\text{пр}}$ — предельная несущая способность (предельное сопротивление) сваи, Н;

P_c — расчетная несущая способность сваи по грунту, Н, определяется по формулам, приводимым в справочниках [52, 59];

m_2 — коэффициент условий работы, зависящий от числа свай в фундаменте и равный 0,85—1,0;

k — коэффициент однородности, равный 0,73.

Подобранный молот проверяют на соответствие его весу забиваемой сваи по формуле

$$n \geq \frac{Q_{\text{п}} + q}{W},$$

где $Q_{\text{п}}$ — полный вес молота, Н;

q — вес сваи с наголовником и подбабком, Н;

n — коэффициент применимости молота, величина которого зависит от типа молота и материала сваи; для подвешенного молота при деревянной свае $n=2$, при железобетонной $n=3$; для молотов одиночного действия и штангового дизельного соответственно $n=3,5$ и 5 ; для молотов двойного действия и трубчатого дизельного соответственно $n=5$ и 6 .

Для работы свайных молотов необходима поддерживающая и направляющая конструкция в виде копра или крана. Ее выбирают в соответствии с типом молота, длиной и весом сваи, а также с учетом придания свае проектного наклона.

Для подвешивания молотов с ударной частью весом до 12,5 кН и погружения свай применяют легкие и средние копры, для молотов с ударной частью весом 60 кН — тяжелые копры. Кроме копров, для этой цели применяют направляющие стрелы, навешиваемые на тракторы, автомобильные, гусеничные и другие краны (см. таблицу).

Навесное копровое оборудование

Тип копрового оборудования	Длина стрелы, м		Грузоподъемность, кН	Наклон стрелы		Угол поворота стрелы, град	Масса навесного оборудования, кг
	полная	полезная		назад	вперед		
Самоходные агрегаты моделей:							
С-533	12,0	6,0	40	6 : 1	10 : 1	—	32
С-870	13,0	8,0	54	10 : 1	10 : 1	—	45
С-878	13,0	8,0	70	3 : 1	4 : 1	—	64
Навесное на экскаваторах моделей:							
Э-652	14,7	12,0	70	10 : 1	10 : 1	360	35
Э-1002	21,0	16,0	110	—	—	360	65

Особенностью молотов двойного действия является возможность забивки свай без копра. В этом случае молот подвешивают к стреле передвижного крана. Для забивки свай при значительной глубине реки применяют копер, устанавливаемый на баржи, плоты, понтоны. На замерзших реках, при достаточной прочности льда, сваи удобно забивать со льда, для чего устраивают специальный помост.

Забивку свай начинают осторожно, опуская молот на ее голову. Под действием массы молота свая может погрузиться на некоторую глубину, зависящую от сопротивляемости грунта. Затем после нескольких легких ударов сваю погружают ударами нормальной силы. В процессе забивки необходимо установить наблюдение за режимом погружения свай. Величина осадок свай должна согласовываться с геологическим строением грунта. Резкое сокращение величины осадки, сопровождающейся подскоками молота при ударах, указывает на то, что свая встретила препятствие.

В процессе погружения измеряют осадки-отказы свай. Забивку прекращают по получении расчетного отказа, определяемого по формуле

$$e = \frac{nFQH}{P_{пр} (P_{пр} + nF)} \cdot \frac{Q + 0,2(q + q_1)}{Q + q + q_1},$$

где n — коэффициент, принимаемый в зависимости от способа забивки, кН/см²; для деревянных свай, забиваемых с подбабком, $n=0,08$, и без подбабка $n=0,10$, для свай железобетонных с наголовником $n=0,15$;

F — площадь поперечного сечения свай, ограниченная наружным контуром, см²;

Q — масса ударной части молота, кг;

H — расчетная высота падения ударной части молота, определяемая по справочным таблицам;

q — масса свай и наголовника, кг;

q_1 — масса подбабка, кг.

Величину отказа от одного удара определяют как среднее арифметическое значение осадки свай за один залог. Величину залога (числа ударов) для молотов подвесных и одиночного действия принимают равной 10 ударам, а двойного действия и дизель-молотов — в течение 1 мин. Погружение свай от одного залога не должно быть менее 2 см, а если величина погружения меньше, необходимо применить более тяжелый молот.

Во время забивки свай ведут журнал специальной формы, в который заносят для каждой свай следующие данные: величину ее погружения от каждого залога и достигнутого отказа, глубину забивки, а также данные о всех затруднениях, встретившихся в процессе работ. В журнале должны быть также сведения об оборудовании, примененном для забивки свай. Заполнять журнал необходимо непосредственно на месте работ. К журналу должен быть приложен чертеж фактического расположения в плане забитых свай с их нумерацией, соответствующей журналу.

При погружении свай вибрированием подъем и установка свай в направляющие устройства мало отличаются от подъема и установки ее для забивки молотом. Для поддержания и направления вибрируемой системы в период погружения

служат направляющие стрелы копра, подвесная стрела крана или специальный каркас.

Погружение подмывом водой сочетают с забивкой свай молотами или погружением вибраторами. Для обеспечения подмыва к острию сваи под большим давлением по специальным трубам подают воду, которая размывает грунт, окружающий сваю, и уменьшает силы трения. В результате свая легко погружается, не встречая большого сопротивления от трения по ее наружной поверхности. После прекращения подачи воды взрыхленный ею грунт постепенно уплотняется и вновь прилегает к поверхности забитой сваи.

Для обеспечения повышенной несущей способности сваи погружение водой следует заканчивать, не доходя 1,0—1,5 м до проектной отметки. Дальнейшее погружение ведут с применением молота.

Погруженные в грунт сваи принимает комиссия, которая проверяет соответствие выполненных в натуре работ требованиям проекта и СНиП. Работы проверяют по журналам и сводным ведомостям погружения свай, а в отдельных случаях контрольной проверкой забитых свай пробной нагрузкой.

§ 5. ПОСТРОЙКА ДЕРЕВЯННЫХ МОСТОВ

Изготовление деревянных свай. Сваи изготавливают из лесоматериала хвойных пород не ниже 2-го сорта. Для свай временных сооружений допускается материал 3-го сорта, влажность лесоматериала не ограничивается. Односторонняя кривизна бревен не должна превышать 1% длины, двусторонняя не допускается. Диаметр свай в тонком конце должен быть не менее 18 см.

Бревна очищают от коры, сучьев, наростов. Естественную коничность сохраняют (0,8 см на 1 м длины сваи), если она не препятствует погружению свай. Нижний конец сваи заостряют (рис. 101), придавая ему форму четырехгранной (а) или трехгранной (б) пирамиды с притупленной вершиной, расположенной по оси сваи. Высоту заострения в зависимости от плотности грунтов принимают от 1,5 до 2 диаметров нижнего конца сваи. Острые сваи, погружаемых в плотные грунты или грунты, содержащие твердые включения, защищают от повреждений полосой стальной (рис. 101, б) или стальным башмаком (рис. 101, г), которые крепят к острию коваными гвоздями или шурупами.

Верхний конец (голову) свай, забиваемых молотами одиночного действия или подвесными, обрезают перпендикулярно оси и укрепляют от раскалывания и размочаливания стальным диском (бугелем) из полосовой стали сечением от 50×12 до 100×20 мм (рис. 101, з). В остальных случаях голову сваи обрабатывают (без каких-либо креплений) по форме углубления наголовника молота двойного действия или дизельного.

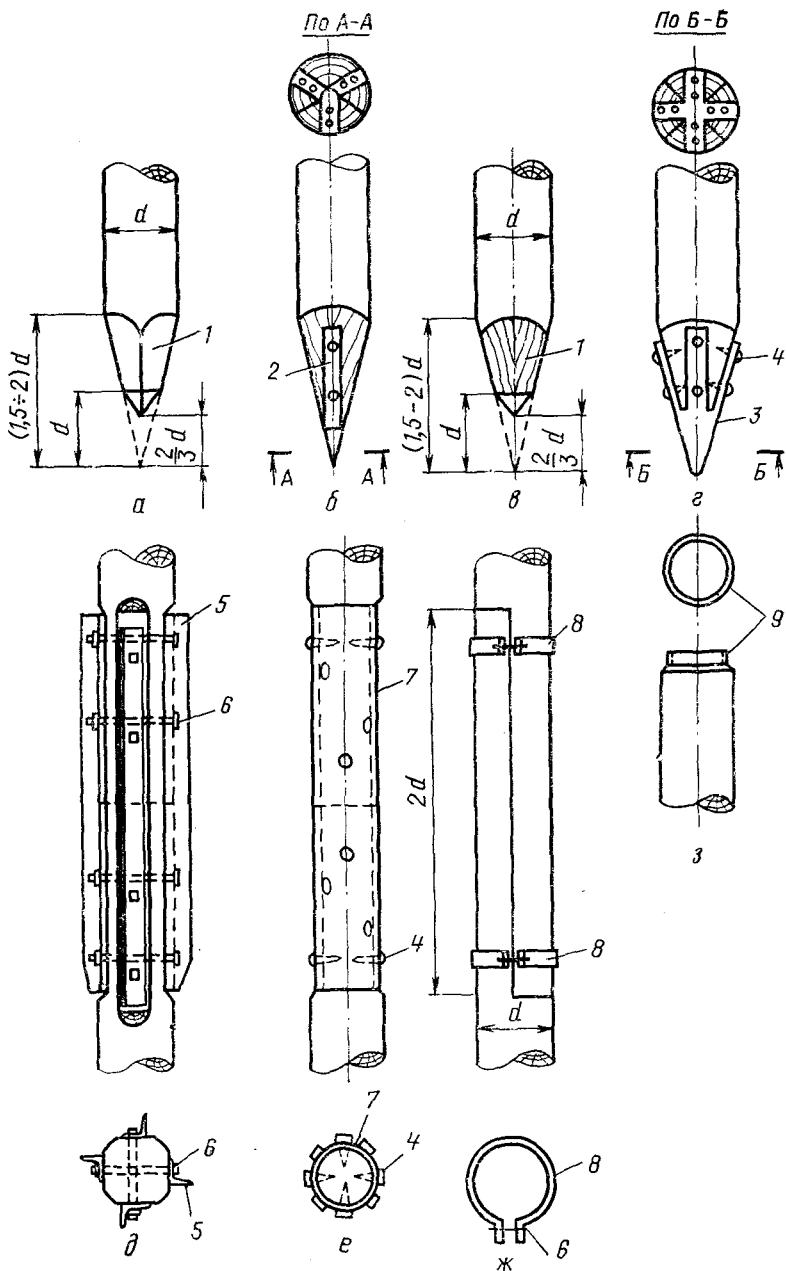


Рис. 101. Деревянные одиночные сваи и детали их заострения и наращивания:

1 — заостренный конец (острие) свай; 2 — полосовая сталь; 3 — башмак; 4 — ерш; 5 — уголок; 6 — болт; 7 — труба; 8 — хомут; 9 — бугель

При отсутствии длинномерного лесоматериала бревна наращивают, допуская не более одного стыка по длине свай. В месте стыка диаметры бревен должны быть одинаковыми (не менее 20 см). Стыкуют в торец (рис. 101, д, е), перекрывая стык четырьмя стальными полосовыми или уголковыми накладками

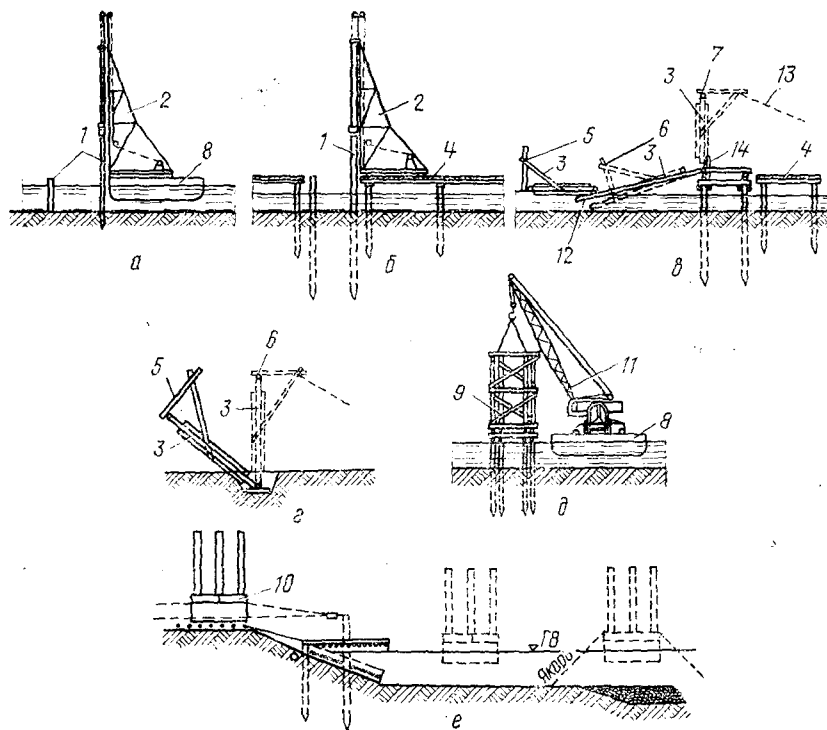


Рис. 102. Схемы работ по сооружению опор:

а — забивка свай копром с понтона; б — забивка свай копром с подмостей; в — установка рам на пространственную опору в русле реки; г — установка рам в котловане на сухих местах; д — установка рамных блоков краном с понтона; е — установка рязевой опоры; 1 — свая; 2 — копер; 3 — блок рамы; 4 — подмости; 5 — первое положение; 6 — второе положение; 7 — третье положение; 8 — понтон; 9 — рамный блок; 10 — рязевая опора; 11 — самоходный кран; 12 — наклонные доски; 13 — тяга

(рис. 101, д) или отрезком трубы (патрубком) той же длины (рис. 101, е). Накладки или патрубок крепят болтами диаметром 19—25 мм или шурупами. Иногда бревна стыкуют в полдерева (рис. 101, ж). Стыки следует располагать так, чтобы после забивки свай они находились на глубине не менее 2 м от поверхности грунта, а стыки смежных свай были на взаимном расстоянии по высоте (не менее 0,75 м).

Постройка деревянных мостов. Глубину забивки свайных опор (отдельных свай) определяют расчетным отказом, она

должна быть не менее 4 м с учетом возможного размыва русла. Сваи погружают любым сваебойным оборудованием, соответствующим весу и длине погружаемых свай (рис. 102, а, б). Отклонившиеся от проектного положения сваи выправляют при помощи лебедок, распорок и стяжек; неправильно забитые или поврежденные при забивке (расколовшиеся, надломленные) сваи выдергивают и заменяют новыми. Головы свай срезают на проектной отметке с запасом 2—3 см на осадку. Насадку укрепляют металлическими штырями, забиваемыми в головы свай. Постройку свайных опор заканчивают постановкой укосин (если они есть), горизонтальных и диагональных поперечных схваток.

Рамно-лежневые опоры применяют при невозможности забивки свай на суходолах и пойменных участках рек (без ледохода) при низком уровне воды, позволяющем отрывку котлованов без устройства шпунтового ограждения.

Изготовление и сборку рам следует производить в централизованном порядке (на стройдворе). Рамы собирают из заранее заготовленных элементов на выровненной площадке.

При устройстве мостов с одноярусными рамными опорами на суходолах и мелких местах рамы устанавливают с помощью лебедок, полиспастов (рис. 102, в, г), копров или кранов. При постройке рамных опор, устанавливаемых на водотоках, работы удобнее производить зимой со льда или в крайнем случае с понтона (рис. 102, д). В этом случае готовые рамы доставляют к месту установки и поднимают краном.

При устройстве опор на местности, покрытой водой, возводят земляные перемычки, шпунтовые стенки из деревоземляных перемычек. Параллельные стенки однорядных шпунтовых перемычек раскрепляют распорками, а двухрядных — схватками. При небольших водотоках их можно отводить в сторону по другому, искусственно созданному руслу.

Ряжевые опоры собирают из брусьев с обзолом, а при их отсутствии — из бревен, обработанных по всей длине на два канта до постоянной высоты.

Сопряжение продольных и поперечных стен между собой осуществляется без врубок. Нижние венцы продольных и поперечных стен сопрягаются между собой врубками вполдерева. Крепление стен ряжа в местах их пересечений производят штырями и сжимами на болтах. В каждом пересечении стен забивают по одному штырю, проходящему не менее чем через 2,5 венца, таким образом в каждом пересечении одновременно работает два штыря. Штыри — из круглой стали диаметром 18—20 мм, длиной не менее 50 см. Их забивают в заранее просверленные отверстия, диаметр которых меньше диаметра отверстия на 1—2 мм. В ряжах высотой 4 м и более нижние венцы, поддерживающие днище, скрепляются с продольными стенками ряжа хомутами из полосовой стали.

При отсутствии лесоматериалов требуемой длины для продольных стен ряжей допускается устройство стыков бревен (брусьев). Стыки располагают вразбежку в средних секциях ряжа. Число стыков каждой секции не должно быть более $\frac{1}{3}$ общего количества бревен. Устройство стыков в крайних секциях не допускается. В месте стыков обязательно ставят ерши.

Углы, образующие ледорезную грань ряжей, обивают листовой или угловой сталью (уголок $200 \times 200 \times 12$ мм).

Рубку ряжей целесообразно производить непосредственно на месте установки и только в случае затопления его водой — на

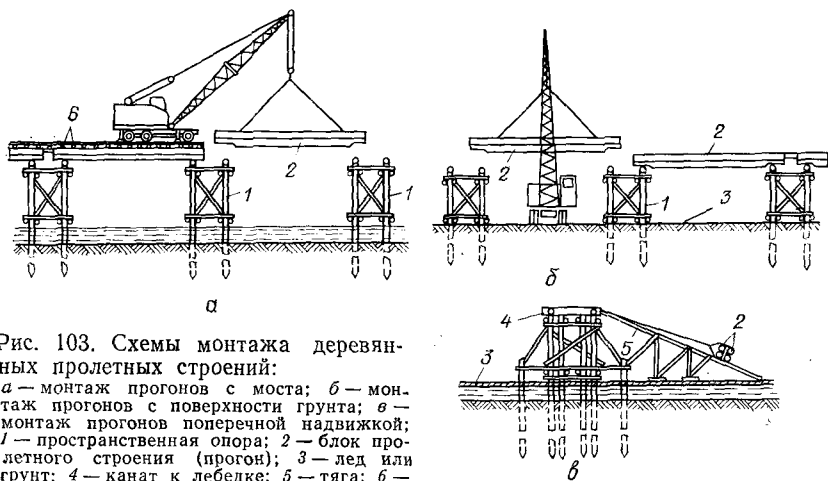


Рис. 103. Схемы монтажа деревянных пролетных строений:
а — монтаж прогонов с моста; *б* — монтаж прогонов с поверхности грунта; *в* — монтаж прогонов поперечной надвижкой; *1* — пространственная опора; *2* — блок пролетного строения (прогон); *3* — лед или грунт; *4* — канат к лебедке; *5* — тяга; *6* — проезжая часть

берегу, на высоту 1—2 м, с последующей доставкой на место установки. Собранный часть ряжевой опоры устанавливают с паром (рис. 102, *е*) на заранее спланированное дно в заданном месте с помощью пригрузки камнем, после чего достраивают до заданной отметки и заполняют камнем на полную высоту. Сборку ряжа на льду производят при толщине льда не менее 0,4 м. Попадание льда под днище ряжа при посадке его на дно не допускается.

Для предохранения ряжей от подмыва по их внешнему периметру предусматривают отсыпку из камня на высоту 0,5—0,8 м. Для создания лучшей обтекаемости опор каменной отсыпке придают заостренную форму в плане.

Прогон укладывают краном с моста (рис. 103, *а*) или на суходоле (рис. 103, *б*), подгоняя и закрепляя поперечины и настил. В целях индустриализации и механизации строительства применяют укрупнительную сборку поперечин с настилом или отдельно настила. В местностях, где на реках бывает прочный лед, деревянные мосты строят со льда (рис. 103, *в*), что значительно сокращает количество ресурсов.

Пролетные строения собирают без устройства строительного подъема, верх прогонов при укладке должен находиться в одной плоскости. Применение для выравнивания прогонов различного рода подкладок не допускается.

В процессе строительства деревянных мостов следует контролировать: соответствие применяемых материалов проекту; размеры отдельных элементов, их соединений и отсутствие зазоров, трещин, сколов и т. д.; качество антисептирования элементов, узлов, врубок, сопряжений свай, непрветриваемых плоскостей и торцов, отверстий для болтов и штырей; выполнение предусмотренных проектом конструктивных мер, обеспечивающих просыхание, проветривание и защиту конструкций от увлажнения.

Отклонения в размерах и положении элементов при сборке деревянных мостов от проектных не должны превышать величин, указанных в СНиП III—43—75.

§ 6. МОНТАЖ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ МАЛЫХ ПРОЛЕТОВ

Элементы сборных мостов и труб с железнодорожных станций, пристаней (заводов и полигонов) к месту строительства перевозят автомобилями и тракторами. Элементы длиной 4—4,5 м перевозят в кузовах автомобилей без специальных приспособлений или с приспособлениями, фиксирующими их положение, элементы длиной 6—7 м — на седельных тягачах с кузовными полуприцепами, а также на автомобильных и тракторных прицепах, элементы длиной 9—15 м — автопоездом на базе автомобиля КраЗ с роспуском. При перевозке необходимо правильно выбрать места опирания железобетонных элементов на транспортные средства с учетом армирования и других особенностей их конструкции, так как при значительном весе в железобетонных элементах могут возникнуть большие изгибающие моменты. Железобетонные элементы хранят в рабочем положении, укладывая на деревянные прокладки толщиной не менее 5 см с учетом армирования и других особенностей конструкции.

В состав работ по монтажу сборных опор и пролетных строений входят: разгрузка элементов, прибывающих на строительную площадку; подготовка элементов к монтажу; подготовка фундаментов и опор к установке элементов; подача элементов к монтажному крану; установка, выверка и временное закрепление элементов; окончательное закрепление элементов и омоноличивание монтируемой конструкции.

Прибывшие на строительную площадку элементы должны быть проверены на соответствие допускаримым отклонениям от проектных размеров. Их разгружают и раскладывают в зоне

действия монтажных механизмов в положении, удобном для выполнения последующих работ.

При подготовке к монтажу элементы очищают от грязи, устраняют наплывы и другие, несущественные дефекты, допущенные на заводе. Стальные закладные детали и выпуски арматуры очищают от грязи и ржавчины и, если требуется, выправляют. Размечают геометрические оси, наносят краской установочные риски, места строповки. К подготовительным работам относят также устройство оснований, на которые устанавливают монтируемые элементы.

Успех монтажных работ и их безопасность в значительной мере зависят от того, как монтируемый очередной элемент подан под сборку. Блоки насадок, пролетных строений, тротуаров обычно подают в горизонтальном положении, сборные козловые опоры в наклонном положении, стойки и колонны опор в вертикальном положении поднимают и подают к месту установки.

Установленные в проектное положение элементы временно закрепляют и выверяют соответствие их положения проектному: в плане — по установочным рискам и осям, а по высоте — нивелировкой. После этого элементы окончательно закрепляют электросваркой закладных металлических частей и замоноличиванием стыков бетоном или натяжением напрягаемой арматуры.

Монтаж сборных опор. Для устройства подхода к месту монтажа грунт разравнивают (планируют), при слабом грунте, не обладающем достаточной несущей способностью, для прохода кранов и груженых автомобилей устраивают дежневое покрытие. Если опора расположена в воде, но близко от берега, то для монтажа устраивают подмости или искусственный полуостров. При быстром течении реки полуостров следует оградить. При монтаже опоры далеко от берега устраивают подмости и рабочие мосты, по которым к опоре может подойти кран.

Для монтажа опор применяют самоходные стреловые краны на пневмоколесном или гусеничном ходу. Их грузоподъемность и длину стрелы выбирают в зависимости от веса монтируемых элементов и высоты опоры. При большой глубине воды (более 3—4 м) применяют плавучие краны, установленные на понтонах или барках.

Монтаж свайных опор заключается в установке на головы свай блоков насадок с последующим омоноличиванием насадок со сваями. При забивке свай с применением направляющего деревянного или стального инвентарного каркаса он может быть использован в качестве подмостей для работ по монтажу насадок. В этом случае каркас поднимают на необходимую высоту вдоль забитых свай и закрепляют на них. Если направляющий каркас не применяется, то после забивки на сваях закрепляют инвентарные подмости из брусьев, попарно охватывающих сваи и скрепленных между собой стяжными болтами. По брусьям укладывают настил из досок толщиной

4—5 см. Для удобства сборки и монтажа подмости собирают на земле с незатянутыми болтами, затем поднимают краном и с приставных лестниц затягивают болты.

После забивки головы свай оказываются на разных уровнях, поэтому перед монтажом насадок выступающие верхушки срубают. Лишнюю арматуру срезают автогенем. Оставшуюся часть, обнаженную при срубке бетона, очищают, выправляют (бетонируют) с тем, чтобы беспрепятственно установить насадки и обнаруженную при срубке бетона, очищают, выправляют (бетон док проверяют вертикальность свай и соответствие расстояний между осями свай и осями гнезд в насадках и при необходимости выправляют. Положение верха насадки контролируют шивелировкой и регулируют подбивкой клиньев под насадку.

После сварки арматурных выпусков бетонируют стык и места сопряжения гнезд насадок со сваями. Опалубку в этих местах снимают после достижения бетоном 70%-ной проектной прочности.

Монтаж стоечных опор включает установку стоек в гнезда, оставляемых в фундаменте опоры, или в подколонники (стаканы) на верхнем обресе фундамента, установку блоков ригелей (насадок) и омоноличивание всей конструкции.

После установки в гнезда фундаментов стоек их раскрепляют деревянными клиньями и при высоте более 8 м расчаливают тросами, с помощью которых затем придают стойке вертикальное положение.

Опоры-стенки, состоящие из вертикальных плит, устанавливаемых вплотную друг к другу и объединяемых общим ригелем, монтируют аналогично стоечным опорам.

Монтаж сборных железобетонных балочно-разрезных ребристых и плитных пролетных строений ведут самоходными стреловыми кранами, перемещающимися на земле, по рабочим мостам, или кранами, перемещающимися по последовательно устанавливаемым элементам конструкции (монтаж пролетного строения с готового пролета), а также средствами малой механизации (тележками, лебедками, домкратами) для надвигки балок в пролеты по подмостям.

Монтаж пролетных строений при возможности непосредственного подхода крана к месту работ (краны перемещаются по земле) производится на пойменных участках реки и на суходолах. Для монтажа используют общестроительные самоходные стреловые краны на пневмоколесном или гусеничном ходу, а также прицепные тракторные краны.

Грунт на участке перемещения крана должен быть хорошо спланирован и уплотнен, например, обкаткой колесами или гусеницами нагруженного крана. Допускаемое давление на грунт должно быть 0,4—0,5 МПа для кранов на пневмоколесном ходу и 0,2—0,3 МПа для кранов на гусеничном ходу. При недостаточной несущей способности грунта под кран укладывают

настилы из деревянных лежней или возводят подкрановые подмости. При этом кран (как и при монтаже деревянных прогонов) последовательно устанавливает пролетные строения, перемещаясь поперек оси моста (см. рис. 103, б). Перемещение крана с грузом допускается только с минимальным вылетом стрелы; по условиям безопасности работ перемещение крана с грузом допускается при массе груза не более 50% паспортной грузоподъемности крана при данном вылете стрелы.

При недостаточной прочности грунта, например на заболоченных поймах, или других условиях, не допускающих размещение крана внизу, пролетные строения пролетом до 18 м, весом до 150 кН устанавливают краном, перемещающимся по установленным конструкциям. В этом случае кран, как и при монтаже деревянных прогонов, устанавливает впереди себя пролетные строения, а затем перемещается на только что собранную конструкцию для монтажа следующего пролета (см. рис. 103, а).

После укладки балок пролетного строения производят омоноличивание сборных балочно-разрезных пролетных строений и устройство проезжей части.

Омоноличивание бетоном продольных швов производят, предварительно соединяя по швам поперечные выпуски арматуры в плитах соседних балок. Соединение арматуры может быть как с применением сварки, так и устройством петлевых стыков. Перед сваркой арматурные выпуски выправляют и подтягивают. Для бетонирования продольных швов между плитами снизу подвешивают щиты опалубки.

После омоноличивания приступают к устройству проезжей части, сточного треугольника, установке тротуарных блоков и перил, которые имеют небольшую массу и малые габариты, что позволяет вести погрузочно-разгрузочные и монтажные работы автомобильным краном малой грузоподъемности (К-32, К-61). Установку блоков и тротуаров обычно начинают от концов пролетного строения к его середине. Способ монтажа перил зависит от их конструкции. После сборки элементов-блоков перил, проверки их в профиль и в плане стойки монолитно связывают с тротуарами, приваривая закладные части и укладывая в гнезда бетонную смесь.

В устройство проезжей части моста с гидроизоляцией входят установка водоотводных трубок, устройство деформационных швов, укладка гидроизоляционных слоев, устройство защитного слоя, установка бордюрного камня и устройство тротуаров.

Водоотводные трубки устанавливают в специальные отверстия плиты проезжей части до устройства сточного треугольника. Перед установкой трубки должны быть тщательно очищены от ржавчины и покрыты внутри битумным лаком. Сточный треугольник в виде цементного или бетонного слоя со смазкой служит для выравнивания поверхности бетона, осо-

бенно в местах сопряжения балок пролетного строения. Смазки из цементного раствора делают толщиной не менее 2 см и до отвердения выдерживают 2—3 дня.

Устройство гидроизоляции начинают с нанесения грунтовки из двух слоев битумного лака, по чистой и сухой поверхности смазки, при температуре окружающего воздуха не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. При более низкой температуре эти работы проводят в передвижных утепленных установках. После высыхания грунтовки наносят первый слой гидроизоляции из битумной мастики или горячего битума. Битумную мастику наносят при рабочей температуре не ниже $+150^{\circ}\text{C}$ и не выше $+170^{\circ}\text{C}$. Битум разогревают в передвижном битумном котле. Мастику, как правило, наносят из передвижного ручного гидронатора на небольшие участки, чтобы она не остывала до укладки первого слоя гидроизоляционного материала.

Рулонный материал (изол, полимерные пленки, пропитанные ткани) при раскатывании соединяют между собой внахлестку с перекрытием на 10—15 см. У водоотводных трубок материал загибают внутрь трубки и зажимают стаканом, у тротуарного блока поднимают вверх и приклеивают к его боковой поверхности. По первому слою рулонного материала наносят второй слой мастики, по нему—второй слой рулонного материала. Стыки второго слоя гидроизоляционного материала по отношению к стыкам первого слоя сдвигают наполовину ширины полотна.

В местах сопряжения пролетных строений устраивают деформационные швы как подвижного, так и неподвижного типа. Основное условие при устройстве деформационного шва — хорошее закрепление стальной деформационной решетки к конструкции плиты пролетного строения и обеспечение водоотвода.

По слою гидроизоляции укладывают защитный бетонный слой, усиленный арматурной сеткой. Смесь подвозят на автомобилях-самосвалах и сбрасывают непосредственно на место укладки. Для предохранения гидроизоляции от повреждения под колеса автомобиля укладывают колежные деревянные щиты.

Защитный слой целесообразно уплотнять виброрейкой или площадочными вибраторами. Виброрейки удобнее тем, что могут создать требуемый уклон.

§ 7. ПОСТРОЙКА МОСТОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОЛЕТНЫМИ СТРОЕНИЯМИ

Металлические пролетные строения изготавливают на специализированных заводах, оснащенных специальными станками и агрегатами для обработки металлов. Конечная продукция завода-изготовителя стальных мостовых конструкций носит название отправочных марок, представляющих собой целые пролет-

ные строения или их отдельные части. Отправочные марки (балки проезжей части, элементы главных балок) имеют на концах монтажные отверстия, используемые для болтовых или заклепочных соединений при монтаже конструкций.

К месту строительства моста конструкции доставляют в виде целых пролетных строений или отдельными частями — монтажными элементами, из которых на месте постройки собирают пролетное строение.

Перед монтажом пролетных строений проводят подготовительные работы. Если пролетные строения доставляют с завода в целом виде, т. е. на весь перекрываемый пролет, то монтаж сводится к установке этих элементов на опоры. Пролетные строения, состоящие из отдельных блоков, вначале соединяют около моста при помощи металлических накладок и высокопрочных болтов. Устройству болтовых соединений предшествует очистка контактных и наружных поверхностей от загрязнений и ржавчины. Для очистки применяют стальные проволочные щетки.

При сборке конструкций монтажные отверстия совмещают с помощью конических оправок, изготавливаемых из мягкой углеродистой стали (Ст. 2 или Ст. 3) во избежание повреждений металла отверстий. После того как отверстия совмещены, фиксируют взаимное положение элементов с помощью пробок, номинальный диаметр которых равен диаметру отверстий. При этом пробки воспринимают монтажные усилия, действующие на стадии временного закрепления элементов до натяжения болтов на проектные усилия. Натяжение контролируют визуально по положению меток или же проверяют динамометрическим ключом (в последнем случае метки не наносят).

Монтаж пролетных строений проводят непосредственно в пролетах или собирают их вблизи моста, а затем перемещают и устанавливают на опоры.

Сборка непосредственно в пролете на подмостях — простой, но устаревший способ. Подмости делают возможно простой конструкции с небольшими пролетами, деревянными или из инвентарных металлических элементов.

Монтаж готовых металлических пролетных строений кранами аналогичен сборке балочных разрезных пролетных строений деревянных мостов: с помощью крана на суходоле (рис. 104) или укладка краном пролетных строений впереди себя (рис. 103, а). При этом способе сразу на опоры устанавливают целые пролетные строения с последующим соединением их между собой, затем по ним укладывают элементы проезжей части.

Конструкции, собираемые вблизи от места установки, перемещают в пролет продольной или поперечной передвижкой и перевозкой на плавучих средствах.

При продольной надвижке пролетные строения собирают на берегу на площадке, расположенной по продольной оси моста,

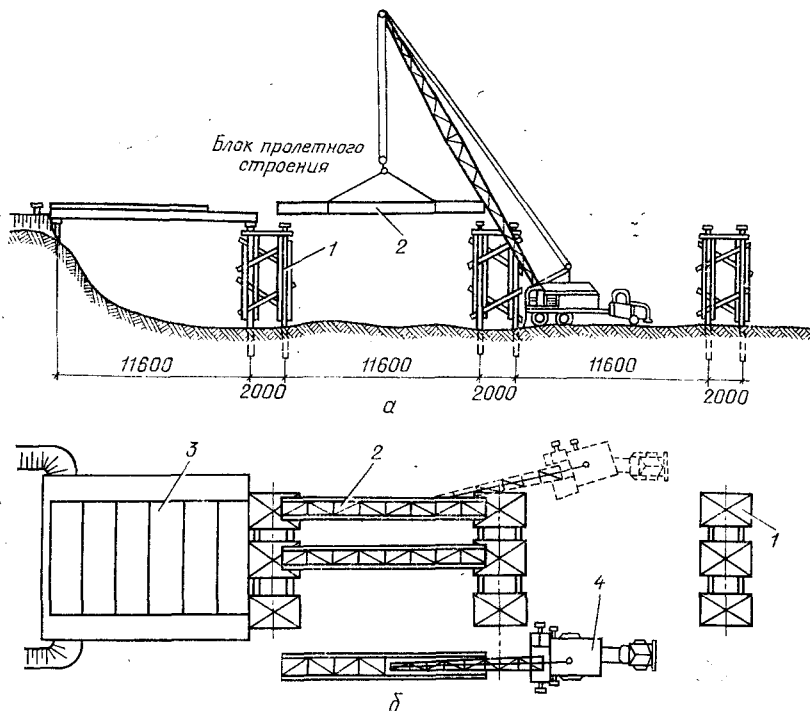


Рис. 104. Схема монтажа металлических пролетных строений на суходоле:
a — фасад; *б* — план; 1 — деревянные опоры; 2 — блок пролетного металлического строения; 3 — блоки проезжей части; 4 — автомобильный кран

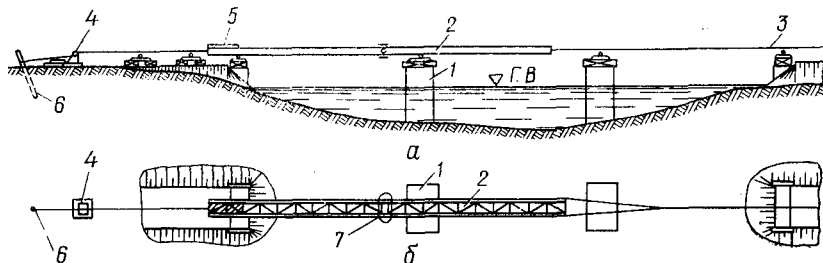


Рис. 105. Схема монтажа металлических пролетных строений надвижкой:
a — фасад; *б* — план; 1 — опора; 2 — блок пролетного металлического строения; 3 — канат к тяговой лебедке; 4 — тяговая лебедка; 5 — контргруз; 6 — анкер тормозной лебедки; 7 — стык двух пролетных строений

пользуясь передвижным краном. Затем собранное пролетное строение надвигают в пролеты (рис. 105) с помощью лебедок. Балочно-разрезные пролетные строения можно надвигать без временных опор, соединяя между собой соседние пролетные строения на время надвижки.

При перевозке пролетного строения на место установки плавучими средствами конструкции собирают у берега на временных подмостях и затем буксируют к месту установки. Если погрузка на плавучие средства производится поперечной подвижной конструкцией по пирсам, то сборочные подмости располагают на берегу параллельно реке.

§ 8. ПОСТРОЙКА ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

Элементы сборных железобетонных труб изготовляют на заводах или полигонах, а затем доставляют к месту постройки автомобилями, автотягачами, тракторами на прицепах. Транспорт желателен применять повышенной проходимости, так как в условиях лесозаготовок перевозить трубы к месту сборки часто приходится по грунтовым дорогам, а иногда и непосредственно по целине.

Укладка круглых труб на транспортные средства производится на бок (горизонтально) и стоя (вертикально). При перевозке на боку ускоряются погрузочно-разгрузочные работы, но при этом звенья труб необходимо надежно закреплять. Перевозка звеньев в вертикальном положении безопаснее для сохранности труб, но при этом усложняются погрузочно-разгрузочные операции, так как трубы необходимо переворачивать. Звенья прямоугольных труб перевозят только в горизонтальном (рабочем) положении.

Котлован под фундамент трубы разрабатывают (бульдозерами и другими землеройными машинами) непосредственно перед устройством фундамента с соблюдением мер безопасности по осыпанию его стен. При расположении котлована трубы вблизи постоянно действующего водотока его следует отвести в сторону за пределы котлована. При малых расходах воды и узком русле со стороны входного оголовка трубы устраивают запруды и пропускают воду по лотку или по временно уложенной трубе. При интенсивном притоке грунтовых вод или неустойчивых грунтах и длине котлована более 15—18 м выемку грунта и устройство фундаментов производят посекционно.

Для сохранения во время эксплуатации уклона трубы, предусмотренного проектом, поверхности фундамента придают строительный подъем, величиной которого учитывают возможные осадки. Величину строительного подъема основания ориентировочно можно принимать в $\frac{1}{80}$ высоты насыпи при отсыпке ее из плотного песка, гравия, гальки, а также глин и суглинков в твердом состоянии и в $\frac{1}{40}$ высоты насыпи, состоящей из супесей и песков средней плотности, пластичных глин и суглинков.

Устройство основания производится после освидетельствования и приемки котлована. Основание трубы в виде песчаной,

щебеночной или гравийной подушки отсыпают послойно с тщательным разравниванием и уплотнением.

Сборные блоки фундаментов перед монтажом должны быть очищены от грязи. Установку блоков ведут посекционно в направлении от выходного оголовка трубы к входному. Каждый блок или ряды блоков в пределах секции надо укладывать горизонтально и выравнивать по наружным граням. Блоки укладывают на слой цементного раствора в проектное положение, дополнительная подливка раствора под блок и его смещение после схватывания раствора толщиной 1—2 см не допускаются. Уступы в рядах по высоте не должны превышать 10 мм. После укладки каждого ряда блоков вертикальные швы заливают цементным раствором, затем кладут слой раствора горизонтальных швов для укладки последующего ряда блоков.

Сборку надфундаментной части трубы начинают с установки открылков выходного оголовка, затем монтируют звенья трубы в направлении к входному оголовку и после их укладки открылки входного оголовка.

Перед началом монтажа строповочные петли в торцах звеньев трубы должны быть срезаны вровень с поверхностью бетона. Срубка петель зубилами или их загиб не допускается. Строповка звеньев в процессе монтажа производится скобами, универсальными стропами или траверсами. Стыки между звеньями, величина которых строго выдерживается по проекту (обычно 1—1,5 см), по внешнему контуру очищают и просушивают, затем заполняют пропитанной в битуме паклей и заливают битумом. Все гидроизоляционные работы следует выполнять в сухую погоду при температуре воздуха не ниже $+5^{\circ}\text{C}$, при температуре ниже $+5^{\circ}\text{C}$ оклеечную гидроизоляцию делают в передвижных тепляках.

Засыпку готовой трубы производят после освидетельствования качества и проверки соответствия проекту выполненных работ по возведению конструкций, засыпаемых грунтом, и устройству гидроизоляции. Засыпка труб производится тем грунтом, из которого выполняется насыпь: при низких насыпях — до проектной отметки земляного полотна, одновременно с обеих сторон трубы, при высоких насыпях — в две очереди. Сначала засыпают участок насыпи шириной не менее 4 м в каждую сторону от трубы и на высоту не менее 2 м над верхней ее поверхностью. Отсыпку ведут одновременно и равномерно с обеих сторон трубы с тщательным трамбованием каждого слоя, толщина которого должна быть не более 20 см.

Уплотнять грунт в непосредственной близости от трубы необходимо ручным механизированным или легким навесным инструментом. Нельзя уплотнять грунт тяжелыми трамбовочными машинами ударного действия на расстоянии от боковых стенок трубы менее 3 м и при высоте засыпки над трубой менее 2 м.

Во вторую очередь отсыпают остальную часть насыпи над трубой. Последовательность работ, толщина слоев и способы уплотнения зависят от общей технологии отсыпки земляного полотна на данном участке работ.

При засыпке трубы необходимо обеспечить сохранность гидроизоляции. Если отсыпка тела насыпи производится скальными грунтами или грунтами с большим включением камней крупностью более 10 см, то во избежание механических повреждений трубу сначала засыпают на высоту не менее 50 см песчаным или глинистым грунтом. Ширина этой засыпки поверху с каждой стороны трубы должна быть не менее ширины трубы плюс 1 м для железных дорог и 0,5 м для автомобильных.

При сооружении труб пазухи котлованов фундаментов засыпаются сразу после приемки фундаментов. При наличии воды пазухи засыпать нельзя. В процессе строительства трубы качество работы необходимо контролировать при устройстве котлована, монтаже звеньев, устройстве гидроизоляции и засыпке трубы.

При строительстве деревянных труб для удлинения срока их службы древесину нужно антисептировать. Если элементы труб не антисептируются, то соединения, врубки и наружные поверхности труб следует покрывать битумом или антисептической пастой. Кроме того, обшивку с наружной стороны изолируют мятой глиной толщиной 10 см или слоем торфа, пропитанного битумом. Вокруг трубы отсыпка земляного полотна производится из дренирующих грунтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безрук В. М., Еленович А. С. Дорожные одежды из укрепленных грунтов. М., Высшая школа, 1969. 330 с.
2. Строительство дорог местного значения/Г. В. Бялобжеский, А. П. Васильев, Н. А. Вайнберг и др. М., Транспорт, 1975. 111 с.
3. Вейцман М. И., Егозов В. П. Краткий справочник строителя автомобильных дорог. М., Транспорт, 1972. 277 с.
4. Гипролестранс. Технологические правила и карты строительства лесовозных автомобильных дорог, т. I и II. Л., 1975. 209 с.
5. Гохман В. А., Ромаданов Г. А. Общий курс автомобильных дорог. М., Высшая школа, 1976. 207 с.
6. Евгеньев И. Е., Казарновский В. Д. Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах. М., Транспорт, 1976. 270 с.
7. Земляное полотно автомобильных дорог в северных условиях. Под ред. А. А. Малышева. М., Транспорт, 1974. 284 с.
8. Строительство автомобильных дорог, т. I/Н. Н. Иванов, Н. А. Пузиков, А. Я. Тулаев и др. М., Транспорт, 1969. 408 с.
9. Инструкция по применению грунтов, укрепленных вяжущими материалами для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов. Госстрой СССР СН 25—74. Стройиздат, 1975. 126 с.
10. Инструкция по разработке проектов и смет для промышленного строительства. Госстрой СССР СН 202—76. Стройиздат, М., 1976. 90 с.
11. Ильин Б. А., Корунов М. М., Кувалдин Б. И. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог. М., Лесная промышленность, 1971. 574 с.
12. Иванкович А. С., Волосова Р. И. Опыт строительства автомобильных лесовозных дорог. М., Лесная промышленность, 1969. 134 с.
13. Кувалдин Б. И., Голованова Л. В. Определение свойства строительных и дорожных битумов. М., Московский лесотехнический институт, 1972. 35 с.
14. Кувалдин Б. И. Изыскания лесовозных дорог. М., Лесная промышленность, 1974. 175 с.
15. Кувалдин Б. И. Лесохозяйственные дороги. М., Лесная промышленность, 1976. 94 с.
16. Кувалдин Б. И. Эксплуатация и ремонт лесовозных дорог. М., Лесная промышленность, 1977. 264 с.
17. Калашников А. П. Строительство и эксплуатация зимних автомобильных дорог. М., ВНИПИЭИлеспром, 1975. 44 с.
18. Леонович И. И. Строительство лесных дорог. Минск, Высшая школа, 1970. 471 с.
19. Лозовой Д. А., Покровский А. А. Землеройно-транспортные машины, М., «Машиностроение», 1973. 253 с.
20. Могилевич В. М., Шербакова Р. П., Тюменцева О. В. Дорожные одежды из цементогрунта. М., Транспорт, 1972. 213 с.
21. Могилевич В. И. Основы организации дорожно-строительных работ. М., Высшая школа, 1975. 284 с.

22. **Машины для земляных работ.** Справочное пособие. Под ред. С. П. Елифанова, В. И. Казарнинова, И. А. Онуфриева. М., Стройиздат, 1976. 283 с.
23. **Химическое укрепление грунтов в аэродромном и дорожном строительстве/Н. Ф. Мищенко, Н. М. Серов, Л. А. Марков и др. М., 1967.** 210 с.
24. **Матвееко Л. С., Митрофанов А. Е., Иванкович А. С. и др.** Строительство лесовозных дорог. М., Лесная промышленность, 1973. 223 с.
25. **Плешков Д. И., Хейфец М. И., Яркин А. А.** Бульдозеры, скреперы, грейдеры. М., Высшая школа, 1976. 301 с.
26. **Правила и технологические карты по строительству усов автомобильных лесовозных дорог.** М., ЦНИИМЭ, 1972. 133 с.
27. **Полосин-Никитин С. М.** Основы технологии дорожных работ. М., Транспорт, 1972. 328 с.
28. **Полосин-Никитин С. М.** Механизация дорожных работ. М., Транспорт, 1974. 325 с.
29. **СНиП III—38—75.** Правила производства и приемки работ. Железные дороги. М., 1976. 36 с.
30. **СНиП III—Д 5—73.** Правила производства и приемки работ, приемка в эксплуатацию. Автомобильные дороги. М., Стройиздат, 1973. 85 с.
31. **Рекомендации по строительству лесовозных автомобильных дорог с покрытиями из укрепленных грунтов.** М., ЦНИИМЭ, 1972. 87 с.
32. **Сорокин П. И.** Оптимальное использование машин на земляных работах в дорожном строительстве. М., Транспорт, 1973. 283 с.
33. **Сергеев П. Г., Грязин А. Д.** Опыт применения силикатобетонных плит в покрытиях лесовозных дорог. М., ВНИПИЭлеспром, 1972. 36 с.
34. **Технология и механизация укрепления грунтов в дорожном строительстве/Под ред. В. М. Безрука.** М., Транспорт, 1976. 230 с.
35. **Технические указания по устройству основания дорожных одежд из каменных материалов, не укрепленных и укрепленных неорганическими вяжущими.** Минтрансстрой ВСН 184—75. М., Транспорт, 1976. 35 с.
36. **Технические указания по приготовлению и применению дорожных эмульсий/Минтрансстрой ВСН 115—75,** 35 с. М., Транспорт, 1976. 76 с.
37. **Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог/Госстрой СССР.** М., Стройиздат, 1972. 110 с.
38. **Чумаков Ю. Л., Кубасов А. У., Тарабарко Н. С.** Строительство и эксплуатация автомобильных дорог. М., Транспорт, 1976. 424 с.
39. **Шпунт Д. Г.** Договоры в строительстве. Нормативные акты. М., Стройиздат, 1976. 261 с.
40. **Инструкция по проектированию лесозаготовительных предприятий лесовозных и лесохозяйственных дорог (проект).** Л., Гипролестранс, 1975. 454 с.
41. **Правила приемки работ при строительстве, капитальном и среднем ремонте автомобильных дорог.** ВСН—19—74 Минавтодора РСФСР. М., Транспорт, 1975. 110 с.
42. **Конструкция дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог с гравийными и щебеночными покрытиями.** Л., Гипролестранс, 1971.
43. **Круглогодичное строительство лесовозных дорог в Сибири/В. А. Шестаков, А. В. Линцер, В. А. Юрченко и др. М., Лесная промышленность, 1972.** 96 с.
44. **Применение нефтегрунта в строительстве автомобильных дорог/В. М. Безрук.** М., Транспорт, 1975. 70 с.
45. **Технологические карты и схемы строительства земляного полотна лесовозных автомобильных дорог.** М., Оргтехлестрой, 1974. 124 с.
46. **Морозов и др.** Зимние дороги в лесной промышленности/С. И. Морозов, Ф. А. Павлов, Н. Л. Плакса, Э. Н. Савельев. М., Лесная промышленность, 1969. 168 с.
47. **Кудрявцев М. Н., Каганович В. Е.** Изыскания и проектирование автомобильных дорог. М., Транспорт, 1973. 396 с.
48. **Проекты инвентарных металлических пролетных строений длиной 12, 15, 18, 24 и 33 м.** Л., Гипролестранс, 1967.

49. **Строительство мостов и труб.** Справочник инженера. И. С. Аксельрод, Н. П. Андреев и др. Под редакцией Кириллова В. С./М., Транспорт, 1975. 599 с.
50. **Гишман Е. Е., Назаренко Б. П.** Мосты и сооружения на дорогах. Часть 1, 2, М., Транспорт, 1972. 408 с. 404 с.
51. **Гишман В. Е., Аксельрод И. С., Гишман М. Е.** Мосты и сооружения на автомобильных дорогах. М., Транспорт, 1973. 413 с.
52. **Колоколов Н. М., Вейнблат Б. М.** Строительство мостов. М., Транспорт, 1975. 525 с.
53. **Колоколов Н. М., Копац Л. Н.** Искусственные сооружения. М., Транспорт, 1966. 543 с.
54. **Гишман Е. Е.** Проектирование деревянных мостов. М., Транспорт, 1976. 272 с.
55. **Российский В. А., Бруснецов П. А., Лукин Н. П.** Расчет деревянных автодорожных мостов. Киев, Высшая школа, 1973. 210 с.
56. **Методические рекомендации по устройству сопряжений автодорожных мостов и путепроводов с насыпью.** Союздорнии, Минтрансстрой СССР, М., 1971. 35 с.
57. **Краткий справочник по трубам и малым мостам/О. В. Андреев, Е. В. Болдаков и др.** М., Транспорт, 1972. 176 с.
58. **Юричев А. Д., Кочетков П. П.** Гидравлический расчет труб. Методическое пособие. Йошкар-Ола, 1973. 211 с.
59. **СН 200—62.** Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. 1962. 328 с.
60. **СНиП III—43—75.** Правила производства и приемки работ. Мосты и трубы.
61. **Технико-экономические показатели для проектирования лесозаготовительных предприятий.** Л., Гипролестранс, 1970. 84 с.

Предисловие	3
Часть первая. Строительство лесовозных дорог	5
Глава I. Общие вопросы	5
§ 1. Основные технические требования к лесовозным дорогам	5
§ 2. Виды дорожно-строительных работ и последовательность строительства	9
§ 3. Технологические карты и схемы	13
§ 4. Основные директивные материалы по вопросам строительства	16
Глава II. Возведение земляного полотна	18
§ 1. Грунты и требования к ним	18
§ 2. Основные формы земляного полотна лесовозных дорог	35
§ 3. Определение объема земляных работ и распределение земляных масс	38
§ 4. Подготовка дорожной полосы для выполнения земляных работ	44
§ 5. Возведение насыпей и разработка выемок бульдозерами	49
§ 6. Возведение насыпей грейдерами	56
§ 7. Разработка выемок и возведение насыпей скреперами	60
§ 8. Возведение насыпей и разработка выемок и карьеров экскаваторами	65
§ 9. Уплотнение грунтов	74
§ 10. Особенности сооружения земляного полотна на болотах	77
§ 11. Выбор землеройно-транспортных машин по экономическим показателям	82
§ 12. Контроль и приемка земляных работ	85
Глава III. Устройство дорожных одежд	86
§ 1. Общие сведения о дорожных одеждах и принципах их устройства	86
Дорожные одежды	86
Технологические принципы строительства дорожных одежд	92
§ 2. Устройство дорожных одежд из улучшенных грунтов и грунтов, укрепленных скелетными добавками	97
§ 3. Устройство гравийных и щебеночных дорожных одежд	105
§ 4. Устройство оснований и покрытий из грунтов и гравийных материалов, укрепленных органическими вяжущими	110
§ 5. Устройство оснований и покрытий из грунтов и гравийных материалов, укрепленных минеральными вяжущими	126
§ 6. Устройство дорожных одежд колеяного типа	133
§ 7. Отделочные работы и обстановка дороги	138
Глава IV. Зимние дороги	140
§ 1. Снег и лед как строительные материалы	140
§ 2. Особенности конструкции зимних дорог	141
§ 3. Строительство зимних дорог	144
Глава V. Устройство верхнего строения железнодорожного пути узкой колеи	147
§ 1. Конструкция верхнего строения железных дорог	147
§ 2. Особенности устройства земляного полотна железных дорог узкой колеи	152

§ 3. Укладка путевой решетки	153
§ 4. Балластировка пути	160
§ 5. Укладка стрелочных переводов	162
Глава VI. Организация дорожно-строительных работ	166
§ 1. Принципы разработки проекта организации работ	166
§ 2. Учет климатических условий	167
§ 3. Использование транспортных средств	171
§ 4. Составление календарного плана-графика производства строительных работ	175
§ 5. Техничко-экономические показатели стоимости строительства лесовозных дорог	177
Часть вторая. Строительство искусственных сооружений	182
Глава VII. Общие сведения об искусственных сооружениях	182
§ 1. Виды искусственных сооружений и их краткая характеристика	182
§ 2. Классификация и системы мостов	184
§ 3. Основные требования, предъявляемые к искусственным сооружениям	187
§ 4. Современные направления в развитии строительства искусственных сооружений	188
Глава VIII. Основные данные для проектирования искусственных сооружений	190
§ 1. Составление вариантов и разбивка моста на пролеты. Судоходные и сплавные требования. Габариты	190
§ 2. Нагрузки	194
§ 3. Общие сведения о расчете искусственных сооружений	205
Глава IX. Деревянные мосты	207
§ 1. Общие сведения	207
§ 2. Материалы для деревянных мостов	208
§ 3. Основные системы и конструкции деревянных мостов на лесовозных автомобильных дорогах	211
Конструкции балочных мостов	212
Конструкции подкосных мостов	219
Деревянные мосты больших пролетов	220
§ 4. Конструкции мостов для лесовозных железных дорог узкой колеи	221
Конструкции балочных мостов	221
Конструкции мостов подкосных систем и больших пролетов	223
§ 5. Опоры и ледорезы	223
Глава X. Расчет деревянных мостов	232
§ 1. Расчет элементов проезжей части	232
§ 2. Расчет сосредоточенных прогонов	239
§ 3. Особенности расчета клееных и клефанерных балок	243
§ 4. Расчет элементов свайных опор	247
§ 5. Расчет одноподкосных систем	250
Глава XI. Железобетонные и металлические мосты	252
§ 1. Общие сведения	252
§ 2. Материалы для железобетонных мостов	253
§ 3. Основные системы и классификация мостов	255
§ 4. Конструкция балочных мостов	256
§ 5. Проезжая часть, тротуары и перила	261
§ 6. Водоотвод, деформационные швы, сопряжение моста с насыпью	264
§ 7. Опорные части и опоры балочных мостов	267
§ 8. Металлические пролетные строения	271
Глава XII. Трубы и лотки	275
§ 1. Общие сведения	275
§ 2. Конструкции труб и лотков	278
§ 3. Основы расчета труб	282

Глава XIII. Подпорные стенки и сооружения специального назначения	283
§ 1. Конструкции подпорных стенок	283
§ 2. Расчет подпорных стенок	285
§ 3. Эстакады	287
§ 4. Вышки и опоры	288
§ 5. Водонапорные башни	289
Глава XIV. Организация строительства искусственных сооружений	290
§ 1. Методы организации строительства	290
§ 2. Основы проектирования организации строительства искусственных сооружений	292
§ 3. Геодезические и разбивочные работы	295
§ 4. Устройство фундаментов на сваях	296
§ 5. Постройка деревянных мостов	300
§ 6. Монтаж сборных железобетонных мостов малых пролетов	305
§ 7. Постройка мостов с металлическими пролетными строениями	309
§ 8. Постройка водопропускных труб	312
Список литературы	315

Юрий Анатольевич Сускин,
Борис Иванович Кувалдин

СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Редактор издательства Л. С. Киммель
Переплет художника С. В. Соколова
Художественный редактор В. Н. Журавский
Технический редактор Г. П. Васильева
Корректор Л. Я. Фаенсон

ИБ № 103

Сдано в набор 24.07.78. Подписано в печать 05.01.79. Т-00614. Формат 60×90/16.
Бумага типографская № 2. Литературная гарнитура. Печать высокая. Усл.
печ. л. 20,0. Уч.-изд. л. 21,04. Тираж 4000 экз. Заказ 1738. Цена 1 руб.

Издательство «Лесная промышленность»
101000, Москва, ул. Кирова, 40а.

Ленинградская типография № 4 Ленинградского производственного объединения «Техническая книга» Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ленинград, Д-126, Социалистическая, 14.